ISSN: 1646-9895

risti

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Fevereiro 21 • February 21



©RISTI 2021 http://www.risti.xyz

Nº E41

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Edição / Edition
N.º E41, 02/2021

ISSN: 1646-9895

Indexação / Indexing
Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, Index-Copernicus, Index of Information Systems Journals, Latindex, ProQuest, QUALIS, SCImago, SCOPUS, SIS, Ulrich's.

Publicação / Publication
RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal
Web: http://www.risti.xyz

Director
Álvaro Rocha, Universidade de Lisboa, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Datzania Villao, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Marcelo Leon, Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, EC

Conselho Editorial / Editorial Board
Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro, PT
Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo, ES
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT

Conselho Científico / Scientific Board
A. Augusto Sousa, FEUP, Universidade do Porto, PT
Abel Méndez Porras, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Abel Suing, Universidad Técnica Particular de Loja, EC
Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES
Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES
Alberto Freitas, FMUP, Universidade do Porto, PT
Alcinia Zita Sampaio, IST, Universidade de Lisboa, PT
Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO
Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR
Alicia García-Holgado, Universidad de Salamanca, ES
Alma Gomez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES
Ana Amélia Carvalho, Universidade de Coimbra, PT
Ana Beatriz Blanco-Ariza, Universidad Simón Bolívar, CO
Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro, PT
Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Ana Paula Afonso, Instituto Politécnico do Porto, PT
Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, PT

Anacleto Correia, Escola Naval, PT
Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL
Ana Calvão, Universidade de Aveiro, PT
Ana Carla Amaro, Universidade de Aveiro, PT
Ana Melro, Universidade de Aveiro, PT
Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL
Aníbal Zaldivar-Colado, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
Antonia Mas, Universitat de les Illes Balears, ES
António Abreu, ISCAP, Politécnico do Porto, PT
António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT
Antonio Fernández-Caballero, Unversidad de Castilla-La Mancha, ES
António Godinho, ISLA-Gaia, PT
Antonio Jesus Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Antoni Lluís Mesquida Calafat, Universidad de las Islas Baleares, ES
António Palma dos Reis, ISEG, Universidade de Lisboa, PT
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, PT
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
August Climent Ferrer, La Salle Open University, AD
Baltasar García Perez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY
Beatriz Sainz de Abajo, Universidad de Valladolid, ES
Bernabé Escobar-Pérez, Universidad de Sevilla, ES
Borga Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Carina Soledad González, Universidad de La Laguna, ES
Carlos Alexandre Silva, Instituto Federal de Minas Gerais, PT
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Regalao Noriega, Universidad Simón Bolívar, CO
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT

Carmen Galvez, Universidad de Granada, ES
Carlos Rabadão, Politécnico de Leiria, PT
Carlos Rompante Cunha, Politécnico de Bragança, PT
Cesar Colazzos, Universidad del Cauca, CO
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Cristina M.R. Caridade, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Dalila Durães, Universidade do Minho, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis, AR
Dante Carrizo, Universidad de Atacama, CL
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Luis La Red Martínez, Universidad Nacional del Nordeste, AR
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
Debora Paiva, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, BR
Diana Cecilia Yacchirema Vargas, Escuela Politécnica Nacional, EC
Dora Simões, Universidade de Aveiro, PT
Edna Dias Canedo, Universidade de Brasília, BR
Eduardo Amadeu Dutra Moresi, Universidade Católica de Brasília, BR
Eduardo Sánchez Vila, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Edwin Juvenal Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Eva Villegas, La Salle - Universitat Ramon Llull, ES
Fábio Marques, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Bobillo, Universidad de Zaragoza, ES
Fernando Moreira, Universidade Portucalense, PT
Fernando Paulo Belfo, ISCAC, Politécnico de Coimbra, PT
Fernando Ramos, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernando Suárez, CPEIG, ES
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT
Filipe Montargil, Politécnico de Lisboa, PT
Filipe Portela, Universiade do Minho, PT

Flor de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE
Francisca Rosique Contreras, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
Francisco Arcega, Universidad de Zaragoza, ES
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT
Franyelit Suarez, Universidad de las Américas, EC
Gabriel Alberto García-Mireles, Universidad de Sonora, MX
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidade de Cádiz, ES
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Gladys Tenesaca Luna, Universidad Técnica Particular de Loja, EC
Gloria Maritza Valencia Vivas, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Universidad de Medellín, CO
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, PT
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES
Inês Domingues, CI-IPOP, PT
Inés López, Universidad de Alcalá, ES
Isabel de la Torre, University of Valladolid, ES
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Isidro Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, ES
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco, BR
Ivan Garcia, Universidad Tecnologica de la Mixteca, MX
João Paulo Ferreira, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
João Reis, Universidade de Aveiro, PT
João Roberto de Toledo Quadro, CEFET/RJ, BR
Jacinto Estima, Universidade Europeia, PT
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES
Javier Medina, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO

Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX
João Balsa, FC, Universidade de Lisboa, PT
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
João Vidal de Carvalho, ISCAP, Politécnico do Porto, PT
Joaquim Ferreira, Universidade de Aveiro, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Bernardino, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Jorge Buele, Universidad Tecnológica Indoamérica, EC
Jorge Eduardo Ibarra-Esquer, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Jorge da Silva Correia-Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, BR
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
José Alvarez-Garcia, Universidad de Extremadura, ES
José Borbinha, IST, Universidade de Lisboa, PT
José Carlos Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
José Cascalho, Universidade dos Açores, PT
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES
José Luís Pereira, Universidade do Minho, PT
José Luís Silva, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), PT
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga, ES
José Luís Reis, ISMAI - Instituto Universitário da Maia, PT
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
José Machado, Universidade do Minho, PT
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES
José Silvestre Silva, Academia Militar, PT
José Torres, Universidade Fernando Pessoa, PT
Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES
Juan D'Amato, PLADEMA-UNCPBA-CONICET, AR
Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES
Jugurta Lisboa-Filho, Universidade Federal de Viçosa, BR

Klinge Orlando Villalba-Condori, Universidad Católica de Santa María, PE
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO
Leticia Morales Trujillo, Universidad de Sevilla, ES
Lilia Muñoz, Univerrsidad Tecnológica de Panamá, PA
Lucila Ishitani, PUC Minas, BR
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja, PT
Luis Camarinha-Matos, Universidade Nova de Lisboa, PT
Luís Cavique, Universidade Aberta, PT
Luis Chamba Eras, Universidad Nacional de Loja, EC
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-La Mancha, ES
Luis Fernández Sanz, Universidad de Alcalá, ES
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES
Luis Maria Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE
Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche, MX
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES
Manuel Fernández-Veiga, Universidad de Vigo, ES
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Marcelo de Paiva Guimarães, Universidade Federal de São Paulo, BR
Marcelo Zambrano Vizuete, Universidad Tecnica Del Norte, EC
Marco Javier Suarez Barón, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, CO
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Margarita Ramirez Ramirez, Universidad Autonoma de Baja California, MX
Maria Amelia Eliseu, Mackenzie Presbyterian University, BR
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo, ES
Maria de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
María del Mar Miras Rodriguez, Universidad de Sevilla, ES

Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, BR
Maria Hallo, Escuela Politécnica Nacional, EC
Maria Helena Garcia Ruiz, Universidad de Camtabria, ES
María J. Lado, Universidad de Vigo, ES
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT
Maria José Angélico, Instituto Politécnico do Porto, PT
Maria José Escalona, Universidad de Sevilla, ES
Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT
Mario Chacón-Rivas, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Mario José Diván, Universidad Nacional de La Pampa, AR
Marisol B. Correia, Universidade do Algarve, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Martín López Nores, Universidad de Vigo, ES
Matías García Rivera, Universidad de Vigo, ES
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES
Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT
Miguel Ángel Conde, Univesidad de León, ES
Miguel Angel Olivero Gonzalez, Universidad de Sevilla, ES
Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
Miguel Ramón González Castro, Ence, Energía y Celulosa, ES
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Melão, Politécnico de Viseu, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT
Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT
Patricia Dias, Universidade do estado de Minas Gerais, BR
Patrícia Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT

Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, PT
Paulo Urbano, FC, Universidade de Lisboa, PT
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT
Pedro Palos, Universidad de Sevilla, ES
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, PT
Pedro Sousa, Universidade do Minho, PT
Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Ramiro Delgado, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Ramon Alcarria, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Renato Maurício Toasa Guachi, Universidad Tecnológica Israel, EC
Rene Faruk Garzozi-Pincay, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Ricardo Andrés García León, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, MX
Ricardo J. Rodríguez, Universidad de Zaragoza, ES
Ricardo Linden, FSMA, BR
Rita Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
Robero Marichal, Universidad de La Laguna, ES
Roberto Theron, Universidad de Salamanca, ES
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
Román Lara, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Rubén González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja, ES
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT
Rui José, Universidade do Minho, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Rui S. Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Saulo Barbara de Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR
Sérgi F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES

Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Silvia Fernandes, Universidade do Algarve, PT
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR
Telmo Silva, Universidade de Aveiro, PT
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Tomas San Feliu, Universidad Politecnica de Madrid, ES
Thiago Dias, CEFET-MG, BR
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Vera Pospelova, Universidad de Alcalá, ES
Verónica Vasconcelos, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Vicente Morales, Universidad Técnica de Ambato, EC
Victor Flores, Universidad Católica del Norte, CL
Víctor H. Andaluz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, EC
Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/09/2020
Aceitação/Acceptance: 14/11/2020

Editorial

Nuevas tendencias en la evolución y transformación digital: Volumen I

New digital evolution and transformation trends: Volume I

Teresa Guarda[1,2], Datzania Villao[1,2], Marcelo Leon[3]

tguarda@gmail.com; datzaniavillao@gmail.com; marceloleon11@hotmail.com

[1] Universidad Estatal Península de Santa Elena – UPSE, La Libertad, Ecuador

[2] CIST - Centro de Investigación y Innovación en Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

[3] Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

Pages: xi-xiii

1. Introducción

Las nuevas tendencias de evolución y transformación digital, permiten la comunicación y la computación ubicua entre ciudadanos, industria, organizaciones, máquinas en red y objetos físicos; proporcionando una visión prometedora, de un futuro integrando el mundo real de los agentes del conocimiento y las cosas, con el mundo virtual de la información.

La realidad actual y el futuro de la informática y las comunicaciones están respaldados por una evolución tecnológica dinámica en muchos campos, desde los sensores inalámbricos, las redes de sensores inalámbricos hasta la nanotecnología.

Debido a su amplio impacto en muchos campos, rápidamente ganó la atención mundial de la academia, los gobiernos, la industria y la ciudadanía. Este cambio en la red de oficinas modifica profundamente el panorama de la actividad humana, es decir, en lo que respecta a la adquisición y producción de conocimiento, ofreciendo nuevas posibilidades, pero también desafíos que deben ser explorados y evaluados.

Esta edición de RISTI incluye temas de investigación multidisciplinaria que abarcan paradigmas, metodologías de transferencia de conocimiento y estrategias de innovación que utilizan el conocimiento y la inteligencia en un sentido amplio, que pueden ser aplicados a la solución de problemas globales a nivel de gobierno, organización, industria, medio ambiente y comunidad.

2. Estructura

Los artículos presentados en esta edición fueron seleccionados de los artículos aceptados en el Congreso Internacional de Sistemas y Tecnologías de la Información (ICITS'21), realizado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, en Santa Elena, Ecuador, del 10 al 12 de febrero de 2021.

ICITS'21, es un foro internacional para investigadores y profesionales, para presentar y discutir las últimas innovaciones, tendencias, resultados, experiencias e inquietudes desde las diferentes perspectivas de las Tecnologías de la información & Sistemas.

El conjunto de artículos publicados en este número de RISTI, fue el resultado de la selección de algunos trabajos presentados por los autores de los Talleres y otros de la conferencia principal.

Esta edición aborda temas multidisciplinarios relacionados con: Gestión de la información y el conocimiento; Modelos organizacionales y sistemas de información; Modelado de software y sistemas; Sistemas, arquitecturas, aplicaciones y herramientas de software; Sistemas y aplicaciones multimedia; Redes informáticas, movilidad y sistemas ubicuos; Sistemas inteligentes y de apoyo a la toma de decisiones; Aplicaciones y análisis de Big Data; La interacción persona-ordenador; Ética, Computación y Seguridad; Informática sanitaria; y tecnologías de la información en la educación.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a todos los autores y revisores involucrados en esta edición, esperando que este número de RISTI resulte una lectura útil para todos.

Un agradecimiento especial a AISTI, y a todas las entidades que contribuyeron a este emprendimiento, haciendo de RISTI una referencia: CiteFactor, Compendex, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, QUALIS, SciELO, SCImago y Scopus.

Índice / Index

EDITORIAL

Nuevas tendencias en la evolución y transformación digital: Volumen I ix
Teresa Guarda, Datzania Villao, Marcelo Leon

ARTIGOS / ARTICLES

Fatores Influenciadores na Intenção de Uso de Sistemas de Business Intelligence & Analytics 1
André Luiz da Cunha Silva, Antônio Augusto Gonçalves, Marco Aurélio Bouzada, Marcus Brauer Gomes, Isa Maria Alves de Paiva, Sandra Regina FS Morgado de Gois

Las fintech, una revolución para la banca tradicional 17
Daissy Rentería, Isabel Vélez, Lillyana M. Giraldo M, Luisa F. Villa

Modelado Conceptual de Sistemas de Gobierno Electrónico incorporando Patrones de Escenario 30
Oscar Carlos Medina, Manuel Pérez Cota, Paula Agustina Cánepa, Marcelo Martín Marciszack

Processo de Enfermagem Informatizado Apoiado por Sistema Especialista na Aplicação das Escalas de Braden e de Glasgow 43
Edquel Bueno Prado Farias, Dacyr Dante de Oliveira Gatto, Marcio Romero, João Rafael Gonçalves Evangelista, Renato José Sassi

Monitorização Integrada do Risco no Sistema de Gestão da Qualidade 57
Jorge Silvério, Gabriel Pestana

Estado del arte sobre la identificación amenazas no intencionales de ciberseguridad de parte de personal interno en instituciones públicas 70
Anderson Castillo, Mariuxi Bruzza, Manuel Tupia

Proposta para a implantação do CMMI-DEV v2.0 ML3 em empresas de pequeno e médio porte de desenvolvimento de software 83
Elaine M. Marçal Machado, Mirian Picinini Mexas, Saulo Barbará de Oliveira

Análisis de Sentimientos en los Mensajes Recibidos en el Entorno Virtual de Aprendizaje de la Modalidad Abierta y a Distancia de la UTPL 98
Junior Ulises Sinche Salinas, Juan Carlos Torres Diaz

Metodología de flujo de conocimiento (primera fase) aplicada la proceso de investigación científica con fines de visibilidad nacional e internacional en la Universidad de Medellín 114
Lillyana María Giraldo Marín, Elizabeth Tatiana Arroyave Cataño, Saray Galeano Ospino, Jessica María Rojas Mora, Erika María Londoño Montoya, Mauricio Antonio Bedoya Villa

Propuesta metodológica para desarrollar algoritmos inteligentes: Un estudio de caso 127
Victor E. Urbina, Dante Carrizo, Andrés Alfaro

Sistemas de Lógica Difusa para la Evaluación de Usabilidad de Sitios Web de Gobierno Electrónico: Una Revisión Sistemática..... 141
Manuel Delgado, Freddy Paz, Manuel Tupia

Técnicas de predicción en el consumo de tabaco por adolescentes 155
Marcelo Nuñez, Magaly Margarita Narváez -Ríos, Pablo Alejandro Quezada-Sarmiento, Lizbeth Ximena Suárez-Morales

Em busca de um Software de Apoio a Pesquisas Qualitativas: o caso de uma unidade de ensino e pesquisa de uma universidade pública brasileira 164
Saulo Barbara de Oliveira, Rosa Amelita Sá Menezes da Motta, Stella Regina Reis da Costa, Marcello Vinicius Doria Calvosa, Altemar Sales de Oliveira, Daniel Romanini Garcia

Motivação e engajamento na educação corporativa mediada por tecnologia da informação 178
Rodrigo da Silva Monteiro, Marcus Brauer, Cecília Lima de Queirós Mattoso, Alberto Luiz Albertin e Ettore de Carvalho Oriol

Ciclo Autonómico de Análisis de Datos aplicado en la Planificación Académica de instituciones educativas 193
Stiven Hurtado, Cristian Suaza, Jose Aguilar, Elizabeth Suescún

Business to Consumer (B2C): barreiras à compra *online* identificadas por estudantes do ensino superior em Portugal 207
Maria Isabel Ribeiro, António José Fernandes, Isabel Lopes, Teresa Guarda

Resistência à utilização de sistemas de informação hospitalar pelo corpo clínico na era do Covid 19 221
Oswaldo Luiz Oliveira, Marcus Brauer, Antonio Augusto Gonçalves, Marcello Romani-Dias, José Geraldo Pereira Barbosa

Grau de maturidade da segurança da informação na visão dos gestores da rede pública de hospitais federais do Brasil 232
José Bredariol Junior, Antônio Augusto Gonçalves, Antônio Carlos Magalhães, José Geraldo Pereira Barbosa, Guilherme Neves Lopes, Frederico Sauer Guimarães Oliveira

Inferencia Variacional para la estimación de mortalidad COVID-19 en Portoviejo 244
Ulbio Durán, Luis Sánchez, Graciela Uzcanga, Andrés Ortiz

Estrategias metacognitivas en plataforma digital para estudiantes universitarios con baja comprensión de textos..... 258
Pedro Félix Novoa-Castillo, Miguel Gerardo Inga-Arias, Jorge Leoncio Rivera Muñoz, Wilder Fabio Ramos-Palacios, Ángel Salvatierra Melgar

Diseño de un servicio de llamada anónima basada en un SBC de bajo costo 276
María Alejandra Zúñiga, Siler Amador Donado, Katerine Márceles Villalba

Safe-Pro:Herramienta de entretenimiento y aprendizaje en seguridad informática..... 289
Herberth Alberto Ausecha, Antonio José Coque Delgado, Katerine Márceles Villalba, Siler Amador Donado

Gestor Unificado de Amenazas Basado en un Raspberry Pi 303
Alexander Mampotes, Katerine Márceles Villalba, Siler Amador Donado

Determinación de técnica de inteligencia para la detección de un tipo de ataque en un IDS 317
Nelson Darío Pantoja, Siler Amador Donado, Katerine Márceles Villalba, Ember Ubeimar Martínez Flor

Blockchain para la seguridad de la Internet de las Cosas: un estudio terciario 330
Johnny Barrantes Jiménez, Alexandra Martínez, Christian Quesada-López, Marcelo Jenkins

Análisis de Sentimientos/Polaridad en diferentes tipos de documentos 344
Camilo Salazar, Jose Aguilar, Julián Monsalve-Pulido, Edwin Montoya

Comportamiento del algoritmo RSA en diferentes en diferentes arquitecturas computacionales..... 358
Nelson Darío Pantoja, Siler Amador Donado, Katerine Márceles Villalba, Sonia Ximena Moreno

Factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero..... 370
Alfonso Infante-Moro, Juan C. Infante-Moro, Julia Gallardo-Pérez

Comportamientos habituales relacionados con la corrupción en estudiantes universitarios limeños..... 384
Úrsula Freundt-Thurne, Ambrosio Tomás-Rojas, Eliana Gallardo-Echenique

Implementación y evaluación de la transformada Wavelet 2D À trous: usando Intensidad, Luminancia y Value en Matlab para Fusión de Imágenes Satelitales 396
Javier Medina, Iván Carrillo, Erika Upegui

Sistema de riego para cultivos controlado mediante una aplicación de IoT 410
Fredys Simanca, Jaime Paez, Jairo Cortés, Edgar Díaz, José Palacio

Definición de criterios de accesibilidad mínima para la construcción de aplicaciones web 424
Gabriel Elías Chanchí G., Wilmar Yesid Campo M., Jorge-Luis Pérez-Medina

Implementación y evaluación del cambio de temperatura por erupciones volcánicas usando Google Earth Engine: Volcán Galeras Nariño - Colombia....437
Nicolás Luna, Javier Medina

Modelo Para Pronosticar El Precio Del Mercado Eléctrico En Colombia Por Medio De Transformada Wavelet 448
Yamile Ramírez, Mónica Arango, Jhon Díaz

Modelo de gestión de la inteligencia social apoyado en servicios de social media para transformar las bibliotecas en centros de información y conocimiento 462
Carolina Monsalve Vega, Lillyana María Giraldo Marín, Luisa Fernanda Villa Montoya

Implementación de imágenes Hiperespectrales como herramienta para la identificación mineralógica para grandes extensiones en estudios de exploración - zona de estudio: región del Magdalena Medio....475
Julio Armando Cuellar-Gutierrez, Javier Medina

Factores sociales y humanos que influyen en la productividad del desarrollo de software: Medición de la percepción 488
Liliana Machuca-Villegas, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Solbey Morillo Puente, Luz Marcela Restrepo Tamayo

KeRa Puzzle: Jogo Digital Educacional para

Apoio à Intervenção Fonoaudiológica 503
Kelly O. Figueiredo, Rafael R. M. Cardenuto, Cibelle A. H. Amato, Valéria F. Martins

Análisis Multitemporal Mediante Árboles de Decisión de un Derrame de Crudo y su Impacto Ambiental en la Zona de Cubará Boyaca - Colombia 516
Walter Andres Cortes Buitrago, Javier Medina

Soluções para o impacto da tecnologia no setor dos serviços – O caso da McDonald's 528
Cláudia Jéssica Rodrigues Oliveira, Margarida Fernandes Lopes, Raquel Arêde Rodrigues Calisto, Sofia Ferreira Seco, Cicero Eduardo Walter, Manuel Au-Yong-Oliveira

Arquitectura de Big Data para el análisis de Enfermedades relacionadas con la Contaminación del Aire.... 548
Ania Cravero, Sebastián González, Felipe Vasquez

Data Lake para la Dirección de Análisis Universitaria: Arquitectura y Metadata.... 560
Ania Cravero, Ingrid Lefiguala, Rodrigo Tralma, Sebastián Gonzalez

Seguridad y privacidad para Registros Clínicos Electrónicos Portables apoyado en tecnología Blockchain: análisis bibliométrico 570
Juan Pablo Martínez Pulido, Helder Yesid Castrillón Cobo, Diego Mauricio López Guitierrez

Uma avaliação do Governo Eletrónico em Portugal sob a Ótica dos Utilizadores 585
Adriana Zoqui de Freitas Cayres Nishimura, Manuel Au-Yong-Oliveira, Cicero Eduardo Walter

Implementación y evaluación de la fusión de imágenes usando Google Earth Engine y Matlab con imágenes Landsat 8 604
Edwin Hurtado, Nelson Enrique Vera-Parra, Javier Medina

Identificar Sentimientos en Cuarentena por la Covid-19 mediante Clasificador Léxico y Aprendizaje Supervisado.....618
Yonatan Mamani-Coaquira, Manuel J. Ibarra, Ecler Mamani Vilca, Erech Ordoñez Ramos, Mario Aquino Cruz

Detección de Noticias Falsas en Redes Sociales Basada en Aprendizaje Automático y Profundo: Una Breve Revisión Sistemática..... 632
Nathaly Álvarez-Daza, Pablo Pico-Valencia, Juan A. Holgado-Terriza

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/09/2020
Aceitação/Acceptance: 26/11/2020

Fatores Influenciadores na Intenção de Uso de Sistemas de Business Intelligence & Analytics

André Luiz da Cunha Silva[1], Antônio Augusto Gonçalves[2], Marco Aurélio Bouzada[3], Marcus Brauer Gomes[4], Isa Maria Alves de Paiva[5], Sandra Regina FS Morgado de Gois[6]

cunha.andrel@gmail.com; augusto@inca.gov.br; marco.bouzada@gmail.com; marcusbrauer@gmail.com; paiva.isa@gmail.com; sandra.gois@estacio.br

Universidade Estácio de Sá (MADE/UNESA). Av. Presidente Vargas, 642, 22º andar- Centro - Rio de Janeiro - RJ - Brazil - 20071-001

Pages: 1-16

Resumo: Sistemas de Business Intelligence & Analytics (BI&Analytics) se tornam vantagem competitiva em um ambiente onde o volume de dados aumenta exponencialmente. O objetivo desta pesquisa foi identificar fatores que explicam a intenção de uso em sistemas de BI&Analytics, a partir do UTAUT. A pesquisa quantitativa de natureza causal utilizou amostragem não-probabilística intencional, Regressão Linear Múltipla e Regressão Múltipla Hierárquica. Confirmou-se a aplicabilidade teórica e validou-se o modelo onde Expectativa de Performance foi o fator mais influente e Expectativa de Esforço não apresentou significância estatística, indicando que o usuário de BI&Analytics minimiza o esforço desde que melhore seu desempenho. A aplicabilidade prática para as empresas se dá com a sugestão de estratégias específicas que permitam melhor direcionamento dos esforços e aumento da probabilidade de sucesso na intenção de uso de tais sistemas pelos seus usuários.

Palavras-chave: Intenção de uso, Desempenho, Inteligência de Negócio, Análise Preditiva, UTAUT**.**

Intention to Use Influencing Factors in Business Intelligence and Analytics Systems

Abstract: Business Intelligence and Analytics (BI and Analytics) systems become a competitive advantage in an environment where data volume increases exponentially. The objective of this research was to identify factors that explain the intention to use BI and analytics systems using UTAUT. The quantitative causal survey used an intentional nonprobabilistic sampling, Linear Multiple Regression, and Hierarchical Multiple Regression. The theoretical applicability was confirmed and the model validated where Performance Expectation was the most influential factor and Effort Expectation was not statistically significant, indicating that BI and Analytics users minimize the effort as long as performance is improved. The practical applicability in corporations occurs as specific strategy suggestions allow better efforts in application and increase success probability in such systems' intention to use.

Keywords: Intention to Use, Performance, Business Intelligence, Predictive Analysis, UTAUT**.**

1. Introdução

A receita global no mercado de software de Business Intelligence e Analytics (BI&Analytics) está prevista para alcançar US$ 18,3 bilhões em 2017, um aumento de 7,3% comparado a 2016. Até o final de 2020, esse número deve chegar aos US$ 22,8 bilhões (Chieco et al., 2017).

BI&Analytics é o conjunto de ferramentas que permitem a transformação de dado em informação para suportar a tomada de decisão (Aruldoss et al., 2014; Davenport, 2013; Gonçalves et al., 2018; Rubin & Rubin, 2013). De acordo com os mesmos autores, a organização pode monitorar sua performance e influenciar positivamente sua receita e competitividade através do BI&Analytics e também auxiliar a formulação de estratégias para melhorar a rentabilidade das empresas

Estudo realizado sobre investimentos em ferramentas de BI&Analytics e o impacto financeiro da análise de negócios indicou que os retornos, a cinco anos, variam de 17% a 2000% com um ROI médio de 457% e uma mediana de 112% (Dreher, 2016). Entretanto, aproximadamente 80% dos projetos de Business Intelligence falham (Canaltech, 2016).

Aplicar bem o dinheiro investido em tecnologia requer que, ao final, o sistema seja aceito e adotado pelos usuários como ferramenta que gere valor ao negócio. Um dos modelos de aceitação mais aceitos atualmente é o Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), que identifica e prioriza quais aspectos influenciam a aceitação e a intenção uso de tecnologia e o testa em implementações de sistemas nas empresas (Cooper et al., 2000).

2. Referencial Teórico

2.1. Sistemas de Business Intelligence

Uma arquitetura de BI contempla uma série de conceitos e etapas como a Extração, Transformação e Carga (ETL - do inglês extration, transform and load), processo que coleta dados relevantes dos bancos de dados transacionais, transforma-os por processos de limpeza, tratamento e classificação e os carrega no data warehouse destino (Turban & Volonino, 2013; Vercellis, 2011).

Tradicionalmente, entende-se que um sistema de BI é construído para auxiliar a tomada de decisões estratégicas e táticas. Com a forte pressão do mercado para que as organizações reajam rapidamente aos estímulos do mercado, o BI está sendo estendido também para a camada operacional (Turban & Volonino, 2013).

Outro conceito importante é o de Data Warehouse que, segundo Inmon (Inmon, 2005), é uma coleção de dados orientados por assuntos, integrados, não voláteis e variáveis com o tempo, para dar suporte ao processo gerencial de tomada de decisão (Inmon, 2005).

2.2. Sistemas Analíticos (Analytics)

O termo *Analytics* refere-se ao uso de dados e conhecimentos de negócios desenvolvidos através de disciplinas analíticas aplicadas (modelos estatísticos, contextuais, quantitativos, preditivos, cognitivos e outros) para o planejamento baseado em fatos reais, tomada de decisão, gestão, execução, medição e aprendizagem (Ransbotham et al., 2015).

Pesquisa realizada pelo MIT com mais de 3.000 executivos de negócio revelou que as organizações de melhor desempenho usam *Analytics* cinco vezes mais do que as de baixa performance e profissionais de melhor desempenho abordam ações estratégicas de maneira diferente do que seus pares (Lavalle et al., 2011).

2.3. Modelo de Adoção de Tecnologia

Existe na literatura atual uma grande variedade de teorias sobre aceitação da tecnologia. O tema comum nessas teorias é a relação entre um conjunto de fatores que influenciam a aceitação e a intenção de usar a tecnologia. O UTAUT reúne em um só 8 modelos de adoção de tecnologia, testados em ambientes de TI, aprovados pela academia e considerados como referência.

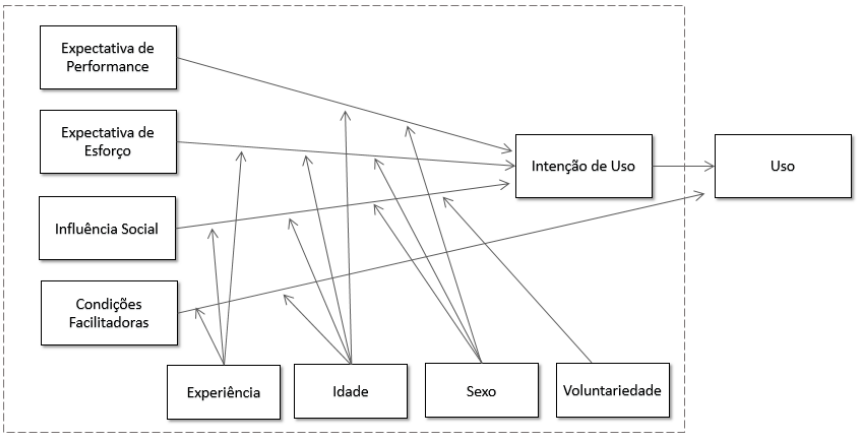


Figura 1 – Modelo UTAUT
Fonte: adaptado de (Venkatesh et al., 2003)

O modelo UTAUT já foi usado para explicar a aceitação da tecnologia em diferentes setores da indústria (bancos, indústria, serviços, público, etc.) (Beaudry & Pinsonneault, 2010; Pilz & Ferraz, 2013; Shang & Su, 2004), diferentes arquiteturas de sistemas (comércio eletrônico, sistemas corporativos, sistemas de relacionamento com o cliente, etc.) (Ho & Bodoff, 2014; Joshi, 2005; Jusoh, 2016; J. M. B. Da Silva, 2009; Xiao & Benbasat, 2007) e em diferentes tipos de empresa (pequenas e médias, grandes, etc.) (Boonsiritomachai et al., 2014; Harrison et al., 1997; Prates & Ospina, 2004).

O primeiro construto a ser analisado - Expectativa de Performance (EP) - representa o quanto o indivíduo acredita que a utilização do sistema influenciará positivamente sua performance no trabalho e está baseado na teoria da expectativa, que descreve a motivação humana para atuar como baseada nas percepções da força das relações causais (Vroom, 1994).

Do construto (EP) é derivada, então, a primeira hipótese desse estudo: *H1 - Um sistema de BI&Analytics que melhora meu desempenho e aumenta minha produtividade é mais bem aceito.*

O construto Expectativa de Esforço (EE) representa o quanto o indivíduo acredita na facilidade de utilização desse sistema e influencia significativamente a intenção comportamental de usar TI (Davis et al., 1989; Moore & Benbasat, 1991; Thompson et al., 1991) Quanto mais fácil, melhor será a aceitação (Venkatesh et al., 2003).

Do construto (EE) é derivada a segunda hipótese desse estudo: *H2 - Um sistema de BI&Analytics fácil de usar é mais bem aceito.*

O construto Influência Social (IS) representa o quanto o indivíduo acredita que os demais consideram importante o novo sistema ser usado. Usar ou não um sistema de BI&Analytics é, em última instância, uma escolha e qualquer fator que influencie o comportamento de escolhas pode afetar profundamente a direção do desenvolvimento pessoal de cada indivíduo. O fator de influência social refere-se a percepção do indivíduo das pressões sociais para adotar ou não adotar (continuar usando ou parar de usar) um sistema de TI (Karahanna et al., 2015).

Do construto (IS) é derivada a terceira hipótese desse estudo: *H3 - Usar bem um sistema de BI&Analytics me coloca em posição de igualdade frente aos meus pares.*

O construto Condições Facilitadoras (CF) representa o quanto o indivíduo acredita que existe infraestrutura organizacional e técnica para suportar o uso do sistema. O fato dos usuários serem ou não capazes de acessar recursos e obter o apoio necessário que precisam, influenciará sua aceitação da tecnologia (Aggelidis & Chatzoglou, 2009; Schaupp et al., 2010; Venkatesh et al., 2003).

Do construto (CF) é derivada a quarta hipótese desse estudo: *H4 – Condições facilitadoras não têm efeito significativo sobre a intenção de uso de sistemas de BI&Analytics.*

No modelo também são considerados quatro construtos moderadores da intenção de uso: gênero, idade, experiência e voluntariedade do uso (o quanto o indivíduo considera ser livre, e não obrigado, a utilizar o sistema). De cada um desses moderadores foram derivadas quatro sub-hipóteses para cada um dos construtos.

Construto	***Hipótese***	
Expectativa de Performance (EP)	*H1*	Um sistema de BI&Analytics que melhora meu desempenho e aumenta minha produtividade é mais bem aceito.
	H1a	A idade modera o efeito (EP) na Intenção de Uso.
	H1b	O gênero modera o efeito (EP) na Intenção de Uso.
	H1c	A experiência não modera o efeito (EP) na Intenção de Uso.
	H1d	A voluntariedade não modera o efeito (EP) na Intenção de Uso.

Construto	*Hipótese*	
Expectativa de Esforço (EE)	*H2*	Um sistema de BI&Analytics fácil de usar é mais bem aceito.
	H2a	A idade modera o efeito (EE) na Intenção de Uso.
	H2b	O gênero modera o efeito (EE)na Intenção de Uso.
	H2c	A experiência modera o efeito (EE)na Intenção de Uso.
	H2d	A voluntariedade não modera o efeito (EE)na Intenção de Uso.
Influência Social (IS)	*H3*	Usar bem um sistema de BI&Analytics me coloca em posição de igualdade frente aos meus pares.
	H3a	A idade modera o efeito (IS) na Intenção de Uso.
	H3b	O gênero modera o efeito (IS) na Intenção de Uso.
	H3c	A experiência não modera o efeito (IS) na Intenção de Uso.
	H3d	A voluntariedade modera o efeito (IS) na Intenção de Uso.
Condições Facilitadoras (CF)	*H4*	Quando (CF) de uso estão presentes, o sistema de BI&Analytics é mais bem aceito.
	H4a	A idade modera o efeito (CF) na Intenção de Uso.
	H4b	O gênero não modera o efeito (CF) na Intenção de Uso.
	H4c	A experiência não modera o efeito (CF) na Intenção de Uso.
	H4d	A voluntariedade não modera o efeito (CF) na Intenção de Uso.

Fonte: Do autor

Quadro 1 – Hipóteses e Sub-hipóteses

3. Metodologia

Esta foi uma pesquisa quantitativa de natureza causal, com coleta de dados realizada por um questionário estruturado utilizando escala Likert com sete opções e com finalidade explicativa. A população é composta por usuários de sistemas de BI&Analytics que trabalham em empresas localizadas no eixo Rio de Janeiro/São Paulo e a amostra foi construída pela parcela que respondeu satisfatoriamente à pesquisa difundida através da rede social de negócios Linkedin.

Este estudo utilizou Regressão Linear Múltipla (RLM) para explicar o comportamento de uma variável (dependente) em função de variáveis explicativas (independentes) e Regressão Múltipla Hierárquica para testar a influência das variáveis moderadoras nessas relações.

O score de cada respondente em cada fator determinante (variável explicativa) foi obtido através da média aritmética das respostas às peguntas referentes a cada fator. Processo semelhante foi utilizado para calcular o score da variável dependente Intenção de Uso. Foi calculado, em seguida, o R2 para testar o quanto a variação da Intenção de Uso pode ser explicada pelas variáveis independentes.

Em seguida, foi feito o teste F de significância global do modelo para testar se o modelo UTAUT aqui estudado ajuda a explicar a Intenção de Uso, no que tange a sistemas de BI&Analytics.

Os efeitos da moderação de Gênero, Idade, Experiência e Voluntariedade foram avaliados através da técnica de Regressão Múltipla Hierárquica (Saunders, 1956). Duas regressões múltiplas foram rodadas para cada potencial moderador em cada relação, onde o acréscimo no nível de explicação (ΔR2) obtido com a inclusão do potencial moderador na segunda regressão foi usado para avaliar se o potencial moderador, de fato, modera a relação (se o ΔR2 for estatisticamente significativo).

Para operacionalizar a regressão, incluindo os moderadores, foram criadas variáveis *dummy* que substituem as variáveis qualitativas como Gênero, por exemplo.

4. Apresentação e Análise dos Resultados

Obteve-se um total de 260 questionários preenchidos após a coleta de dados, o dataset pode ser encontrado em (Silva, 2020). A amostra apresenta 72,3% dos respondentes do sexo masculino. A idade média dos respondentes foi de 39,2 anos, variando de 24 anos como valor mínimo e 64 anos como valor máximo. Os respondentes escolheram um entre quatro grupos de acordo com sua experiência em BI&Analytics, quando 78% responderam conhecer tais sistemas há mais de 2 anos. Já em relação à obrigatoriedade no uso de tais sistemas, 65% dos respondentes não sentem-se obrigados a usá-los.

Os resultados da regressão linear múltipla são apresentados abaixo:

Estatística de regressão				
R-Quadrado	0,2392			
F de significação	0,0000			
	Coeficientes	***Erro padrão***	***Stat t***	***valor-P***
Expectativa de Performance (EP)	0,42	0,06	6,58	0,0000
Expectativa de Esforço (EE)	0,09	0,05	1,70	0,0897
Influência Social (IS)	0,07	0,04	2,12	0,0349
Condições Facilitadoras (CF)	-0,12	0,05	-2,44	0,0155

Fonte: Do autor

Tabela 1 – Regressão Linear

Os resultados mostram que esta regressão apresentou valores moderados para R2 (23,92%), demonstrando que não é possível explicar satisfatoriamente a maior parte da variação do construto Intenção de Uso em função apenas das quatro variáveis estudadas.

O modelo de adoção de tecnologia UTAUT, no que tange a sistemas de BI&Analytics, foi validado através do resultado do teste F de significância global, já que o valor-p do teste F é menor do que 0,05 (5%).

A partir dos resultados dos valores-P das variáveis explicativas foi identificado que (EP) é que demonstrou ter o maior impacto (valor-p = 0,0000000003) na intenção de uso. Já a variável (EE) apresentou valor-p acima do nível de significância de 5% (0,0897), não sendo estatisticamente relevante. As variáveis (IS) e (CF) mostraram-se estatisticamente significativas, mas esta última apresentou coeficiente negativo, o que causa estranheza já que significaria que usuários de sistemas de BI&Analytics tem mais intenção de usá-lo quanto menos recurso, know-how e apoio a empresa fornece para seu uso, o que contrariaria o senso comum.

Desta forma, as hipóteses H1, H3 e H4 foram aceitas e a hipótese H2 foi refutada.

Por este estudo, podemos afirmar que um sistema de BI&Analytics que oferece expectativa de melhorar a performance (e aumentar a produtividade), coloca o usuário em posição de igualdade frente a seus pares e que, paradoxalmente, apresenta baixa condição facilitadora de uso, é mais bem aceito (gerando mais intenção de ser usado), mesmo que não seja fácil de usar.

Para cada variável moderadora, a análise dos seus efeitos foi realizada através de duas regressões múltiplas consecutivas, tendo o construto Intenção de Uso como variável dependente. O moderador em si (primeiro idade, depois gênero, depois experiência e finalmente voluntariedade) e o construto cuja influência do moderador está sendo analisada foram usados como variáveis explicativas na primeira regressão. Na segunda, foi acrescentada como variável explicativa um termo multiplicando a variável moderadora pelo construto sendo analisado.

A seguir, está apresentada a análise dos resultados obtidos para a primeira das sub-hipóteses deste estudo. Para testar a sub-hipótese H1a - "A idade modera o efeito (EP) na Intenção de Uso.", foi realizada a regressão: Idade & Expectativa de Performance → Intenção de Uso, obtendo-se o resultado apresentado na Tabela 2 abaixo:

Estatística de regressão				
R-Quadrado	0,2360			
F de significação	0,0000			
	Coeficientes	***Erro padrão***	***Stat t***	***valor-P***
Idade	-0,28	0,09	-3,14	0,00
(EP) Expectativa de Performance	0,43	0,05	7,93	0,0000

Fonte: Do autor

Tabela 2 – IDD & EP → IU

O R2 indica que a equação obtida explica 23,60% da variação da Intenção de Uso. A Tabela 3, a seguir, apresenta os resultados da segunda regressão múltipla, que acrescenta um termo multiplicativo: IDD x EP.

Estatística de regressão				
R-Quadrado	0,2418			
F de significação	0,0000			
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Idade	-1,27	0,71	-1,78	0,08
(EP) Expectativa de Performance	0,34	0,09	3,93	0,00
IDD X EP	0,16	0,11	1,40	0,1638

Fonte: Do autor

Tabela 3 – IDD & EP & IDD X EP → IU

É possível perceber que o termo acrescentado não consiste em uma variável explicativa significativamente relevante a 5% de significância (valor-P = 16,38%). Além disso, o nível de explicação (R2) desta nova regressão (24,18%) é apenas ligeiramente superior ao da regressão anterior, sem este termo multiplicativo, sugerindo que a sua inclusão trouxe pouca capacidade explicativa para o modelo. Em vista disso, o moderador Idade não modera a influência da (EP) na Intenção de Uso, refutando H1a.

As análises das outras sub-hipóteses foram feitas de forma análoga e a Tabela 4 abaixo resume os resultados confirmando ou refutando a moderação.

		Relação Potencialmente Moderada			
Variável Moderadora	**Indicador**	**EP X IU**	**EE X IU**	**IS X IU**	**CF X IU**
Idade	Valor-P	16,38%	46,22%	17,21%	44,27%
	Modera (sim ou não?)	**Não**	**Não**	**Não**	**Não**
Gênero	Valor-P	3,28%	21,26%	28,68%	60,98%
	Modera (sim ou não?)	**Sim**	**Não**	**Não**	**Não**
Experiência	Valor-P	72,02%	8,99%	44,53%	40,55%
	Modera (sim ou não?)	**Não**	**Não**	**Não**	**Não**
Voluntariedade	Valor-P	3,61%	3,49%	1,17%	2,19%
	Modera (sim ou não?)	**Sim**	**Sim**	**Sim**	**Sim**

Fonte: Do autor

Tabela 4 – Resumo Variáveis Moderadoras

Retirando as influências refutadas do modelo proposto, o modelo final validado pode ser visto na Figura 2 abaixo:

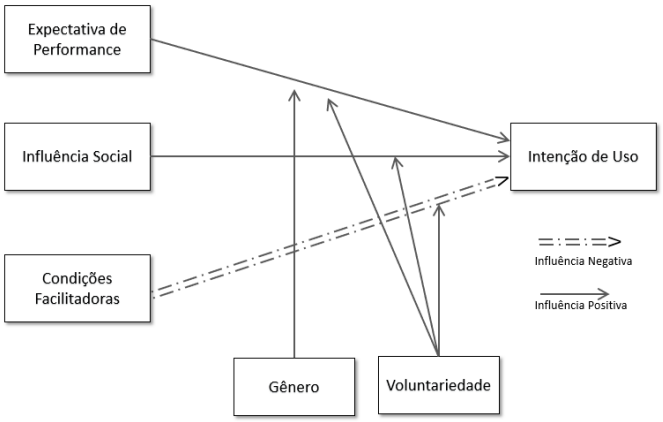


Figura 2 – Modelo Final Validado
Fonte: Do autor

5. Conclusões

O objetivo desta pesquisa foi identificar os fatores que explicam a intenção de uso de sistemas de BI&Analytics a partir do modelo de aceitação de tecnologia UTAUT. Além de ter cumprido o seu objetivo, este estudo contribuiu para a teoria ao demonstrar a relevância do modelo formulado em 2003 (Venkatesh et al., 2003) frente a uma tecnologia atual.

Considerando o modelo UTAUT, a comparação entre a Figura 1 e a Figura 2 anteriores consiste, provavelmente, na principal contribuição deste trabalho. Esta comparação permite a identificação das diferenças entre as hipóteses originais de Venkatesh e as que foram aceitas neste estudo. Esta diferença pode significar que o contexto BI&Analytics apresenta características diferentes que precisam ser analisadas com maior detalhe.

Este trabalho contribui para outros pesquisadores, implementadores e empresas que estejam avaliando a implantação de sistemas de BI&Analytics, ou o uso de sistemas já existentes, pois enumera os fatores que influenciam a intenção de usar sistemas deste tipo. Esta pesquisa avança nos estudos de aceitação da Tecnologia da Informação apresentando novas evidências empíricas sobre o poder explicativo do modelo de Venkatesh et al. (2003) e também sugere pontos de vista adicionais a serem investigados em estudos posteriores sobre o uso de sistemas de BI&Analytics.

A análise dos artigos referenciados e, mais especificamente, a revisão de literatura do modelo UTAUT (Williams et al., 2015) revela que diversas variáveis são aplicadas no estudo de aceitação e adoção de tecnologia e que os resultados encontrados são aderentes ao UTAUT, mesmo naqueles em que houve uma proposta de alteração do modelo original. Esta análise evidencia que o UTAUT pode ser utilizado em contextos diversos, com objetivos distintos e diferentes aplicações, incluindo, como não poderia deixar de ser ressaltado, sistemas de BI&Analytics.

Os resultados obtidos indicam que (EP), (IS) e (CF) são fatores que influenciam na intenção de usar sistemas de BI&Analytics, compatíveis com os resultados encontrados em pesquisas anteriores (Mayer et al., 2011; Niehaves & Plattfaut, 2014; Pahnila et al., 2011; Zhou et al., 2010). A surpresa foi a constatação de que (EE) não afeta a intenção de usar, ainda que outros estudos anteriores tenham encontrado o mesmo resultado (Al-Gahtani et al., 2007; Bandyopadhyay & Bandyopadhyay, 2010; Cheng et al., 2008; Kourouthanassis et al., 2010; Payne, 2008). Este comportamento da variável (EE) pode estar relacionado com o perfil multitarefas, característico da geração dos respondentes, cujos integrantes sentem-se estimulados com atividades constantes.

A variável moderadora de efeito mais abrangente encontrada neste estudo, dentre as quatro variáveis estudadas, é a Voluntariedade, o que condiz com a importância originalmente dada a esta variável (Zuiderwijk et al., 2015). Além da Voluntariedade, a variável moderadora Gênero influencia a relação entre (EP) e Intenção de Uso.

O resultado da regressão linear para a variável independente (CF) requer uma análise em separado pelo coeficiente negativo encontrado neste estudo, sugerindo as condições facilitadoras diminuírem a intenção de uso. Ainda que não esperada, já foi estudada anteriormente na academia (Hung et al., 2017).

Considerando que a análise preditiva vem se tornando mais estratégica para as empresas e sua utilização se tornando cada vez mais democrática, permeando a área usuária final e transbordando a área TI, negócios e processos são considerados cada vez mais analíticos e todos nas empresas são considerados usuários potenciais de sistemas de BI&Analytics (ComputerWorld, 2017).

Estes usuários tendem a ser indivíduos com alta auto eficácia, de forma que acreditam serem imunes a falhas, que persistem até o fim e atribuem a si próprios metas altas (Krueger, Jr. & Brazeal, 2018). Este usuário pode tender a interpretar auxílio externo como demérito de sua capacidade e, quanto mais a empresa oferece apoio, treinamento e incentiva o uso, mais este usuário se sente desmotivado em sua intenção de usar o sistema (Hung et al., 2017).

Em resposta à principal questão da pesquisa, o estudo apresentou uma nova configuração do modelo preconizado por Venkatesh et al. em seu trabalho seminal de 2003 com (EP) como principal variável independente identificada. O modelo final apresentado é a principal contribuição teórica da pesquisa, comprovando que o modelo de adoção tecnológica utilizado é uma estrutura conceitual com valor estatístico.

Em termos práticos, os resultados desta pesquisa permitem o melhor direcionamento dos esforços e investimentos financeiros nos fatores identificados como mais importantes, aumentando a probabilidade de sucesso de sistemas de BI&Analytics e afetando positivamente a intenção de usar sistemas deste tipo.

A vaiável (EE) não ter apresentado significância neste estudo indica que o usuário de sistemas de BI&Analytics dá pouco valor ao esforço necessário ao uso desde que tenha a percepção de que melhorará seu desempenho.

Como a idade média dos respondentes foi 39 anos, já considerados pertencentes à geração Y (nascidos entre 1980 e 2000), ela pode estar refletindo as características dessa geração

acostumados a viver em ação, estimulados por atividades e fazendo tarefas múltiplas. A também conhecida geração do milênio (milleniuns), vem modificando e transformando o ambiente de trabalho, as formas de se relacionar e o modo como empresas e marcas interagem conosco.

Novamente, o fato de (CF) apresentar coeficiente negativo pode estar relacionado à expectativa de independência que os usuários de BI&Analytics desenvolveram ao longo do tempo. De maneira geral, e também alinhado com as características da geração Y, querem ter o que querem, quando e como querem. Este resultado está alinhado com a moderação da variável Voluntariedade confirmada na pesquisa. Empresas que provém treinamento contínuo e apoio proativo, podem dar a impressão de que estão direcionando o uso de determinado sistema, o que causaria rejeição ao seu uso.

Retomando os argumentos apresentados na introdução deste trabalho, está previsto para os próximos anos um aumento exponencial no volume de dados disponível para análise. A transição do BI tradicional para a análise preditiva se torna imperiosa, não há mais tempo para analisar, é necessário automatizar esta atividade e focar nas tomadas de decisão que virão a partir dos resultados. Este é o momento que o aprendizado de máquina (machine learning) se torna realidade como efetivamente um método de análise de dados que automatiza a construção de modelos preditivos usando algoritmos que aprendem a partir dos dados.

Esta argumentação pode ser usada com explicação do motivo pelo qual (EE) não apresentou significância estatística, o trabalho vem sendo transferido para as máquinas, liberando o usuário para a atividade de análise de negócio.

6. Limitações

Este estudo apresenta algumas limitações já identificadas e a primeira delas é o fato deste ser um estudo pontual, e não longitudinal, onde foi analisado um corte de 60 dias ao longo dos quais a pesquisa foi aplicada.

A amostragem não representando proporcionalidade direta com a população de usuários de sistemas de BI&Analytics é a segunda limitação deste trabalho e o fato da distribuição desta pesquisa ter sido feita através do LinkedIn, ainda que dentro do contexto por se tratar de uma pesquisa de tecnologia da informação e no ambiente profissional, pode ter limitado os possíveis participantes.

A terceira limitação se apresenta na escolha de um modelo de adoção de tecnologia como base desta pesquisa. Ainda que seja um modelo testado e aceito, escolher um modelo, seja ele qual for, leva em consideração os fatores considerados na pesquisa original, o que restringe a identificação de diversos outros existentes.

Outra limitação está relacionada à ferramenta Microsoft Excel utilizada neste estudo e que não permitie o teste de multicolinearidade. Como este estudo é baseado no modelo UTAUT, já validado teoricamente através de análise fatorial em 2003, o potencial de existir multicolinearidade é reduzido, porém não eliminado.

A última limitação se dá porque não há como garantir que não houve um viés de não resposta, ou seja, os respondentes terem tido um comportamento de resposta diferente

das que seriam dadas pelos que não responderam, em termos das variáveis de interesse desta pesquisa.

7. Recomendações para Pesquisas Futuras

Uma primeira sugestão para pesquisas futuras é testar o modelo sugerido em empresas, confrontando os resultados com os encontrados neste estudo. Estudo(s) de caso de empresa(s) específica(s) pode(m) fornecer novas visões de como influenciar positivamente a intenção de uso de sistemas de BI&Analytics.

Uma segunda sugestão é a introdução de novas variáveis independentes que possam influenciar a intenção de uso e aumentar a relevância estatística do modelo. Um exemplo pode ser a abrangência das informações já que sistemas de inteligência de negócio e sistemas analíticos que conseguem reunir conjuntos mais abrangentes de dados e a construção de modelos mais complexos, permitem prever resultados com mais efetividade, aumentando a intenção de uso por parte de seus usuários.

Outra variável a ser introduzida pode ser a latência da informação, que pode ser compreendida como sendo o tempo decorrido entre o início de um evento e o momento em que os seus efeitos se tornam perceptíveis para a tomada de decisão. Existe uma necessidade cada vez maior de disponibilizar dados transacionais instantaneamente, quase em tempo real, para dar suporte ao ciclo de tomada de decisão de forma mais rápida e baseada em fatos. Este pode ser um fator influenciador positivo na intenção de usar sistemas de BI&Analytics.

Para eliminar a primeira limitação relacionada neste estudo, uma terceira sugestão para pesquisas posteriores é o desenvolvimento de um estudo longitudinal, uma reanálise após um período de tempo, para identificar se houve diferenças nos resultados encontrados.

Por último, outra sugestão para pesquisa posterior é a realização de uma pesquisa qualitativa para buscar identificar as razões da influência negativa do construto (CF), que foi o resultado mais inesperado desta pesquisa.

Referências

Aggelidis, V. P., & Chatzoglou, P. D. (2009). Using a modified technology acceptance model in hospitals. *International Journal of Medical Informatics*, *78*(2), 115–126. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.06.006

Al-Gahtani, S. S., Hubona, G. S., & Wang, J. (2007). Information technology (IT) in Saudi Arabia: Culture and the acceptance and use of IT. *Information and Management*, *44*(8), 681–691. https://doi.org/10.1016/j.im.2007.09.002

Aruldoss, M., Travis, M. L., & Prasanna Venkatesan, V. (2014). A survey on recent research in business intelligence. *Journal of Enterprise Information Management*, *27*(6), 831–866. https://doi.org/10.1108/JEIM-06-2013-0029

Bandyopadhyay, K., & Bandyopadhyay, S. (2010). User acceptance of information technology across cultures. *International Journal of Intercultural Information Management*, *2*(3), 218. https://doi.org/10.1504/ijiim.2010.037862

Beaudry, A., & Pinsonneault, A. (2010). The Other Side of Acceptance: Studying the Direct and Indirect Effects of Emotions on Information Technology Use. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *34*(4), 689–710.

Boonsiritomachai, W., McGrath, M., & Burgess, S. (2014). A research framework for the adoption of Business Intelligence by Small and Medium-sized enterprises. *Small Enterprise Association of Australia and New Zealand (7th Annual SEAANZ Conference Proceedings)*, 1–22.

Canaltech. (2016). *60% das empresas pretendem acelerar investimentos em Business Intelligence*. Canaltech.

Cheng, D., Liu, G., Qian, C., & Song, Y. F. (2008). Customer acceptance of internet banking: Integrating trust and quality with UTAUT model. *2008 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics, IEEE/SOLI 2008*, *1*, 383–388. https://doi.org/10.1109/SOLI.2008.4686425

Chieco, B., Rolfini, F., & Silveira, A. (2017). Mercado mundial de Business Intelligence e Analytics atingirá US$ 18,3 bilhões em 2017. *TI Inside Online*. http://convergecom.com.br/tiinside/11/04/2017/mercado-mundial-de-business-intelligence-e-analytics-atingira-us-183-bilhoes-em-2017/

ComputerWorld. (2017). O futuro do Business Intelligence está na Inteligência Artificial. In *ComputerWorld* (pp. 1–5). http://computerworld.com.br/o-futuro-do-business-intelligence-esta-na-inteligencia-artificial

Cooper, B. L., Watson, H. J., Wixom, B. H., & Goodhue, D. L. (2000). Data Warehouse Sipports Corporate Strategy at First American Corporation. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *24*(4), 547–567.

Davenport, T. H. (2013). Big Data: The Future of Information and Business. In *A Report by Harvard Business Review Analytics Services*. Harvard Business Review.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, *35*(8), 982–1003. https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982

Dreher, F. (2016). Mercado brasileiro de TI deve crescer 2,6% em 2016, afirma IDC. In *CIO*. Digital Network!Brasileiros. https://cio.com.br/mercado-brasileiro-de-ti-deve-crescer-2-6-em-2016-afirma-idc/

Gonçalves, A. A., Silva, S. L. F. de C., Martins, C. H. F., Cheng, C., Barbosa, J. G. P., & Oliveira, S. B. de. (2018). Decision Support Systems in Cancer Treatment: A Case Study at Brazilian National Cancer Institute. *Studies in Health Technology and Informatics*, *251*, 199–202.

Harrison, D. A., Mykytyn, P. P., & Riemenschneider, C. K. (1997). Executive Decisions about Adoption of Information Technology in Small Business: Theory and Empirical Tests. *Information Systems Research*, *8*(2), 171–195. https://doi.org/10.1287/isre.8.2.171

Ho, S. Y., & Bodoff, D. (2014). the Effects of Web Personalization on User Attitude and Behavior: an Integration of the Elaboration Likelihood Model and Consumer Search Theory. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *38*(2), 497–520. https://doi.org/10.1002/fut

Hung, W.-H., Chang, L.-M., & Lee, M.-H. (2017). Success of National Healthcare Services Information Systems. In M. Khosrow-Pour (Ed.), *Handbook of Research on Technology Adoption, Social Policy, and Global Integration - Advances in Business Strategy and Competitive Advantage* (p. 328). IGI Global.

Inmon, W. H. (2005). *Building the Data Warehouse* (4ª). Wiley Publishing, Inc.

Joshi, K. (2005). Understanding User Resistance and Acceptance during the Implementation of an Order Management System: A Case Study Using the Equity Implementation Model1. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, *7*(1), 6–20. https://doi.org/10.1080/15228053.2005.10856057

Jusoh, N. M. (2016). Empirical study of digital games acceptance in Malaysia: an extended theory planned behavior. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, *3*(5), 59–64.

Karahanna, E., Straub, D. W., & Chervany, N. L. (2015). Adoption Across Technology Information Time : A cross-sectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs. *MiS Quarterly*, *23*(2), 183–213.

Kourouthanassis, P. E., Georgiadis, C., Zamani, E., & Giaglis, G. M. (2010). Explaining the adoption of mobile internet applications. *ICMB and GMR 2010 - 2010 9th International Conference on Mobile Business/2010 9th Global Mobility Roundtable*, *2009*, 148–153. https://doi.org/10.1109/ICMB-GMR.2010.70

Krueger, Jr., N. F., & Brazeal, D. V. (2018). Entrepreneurial Potential and Potential Entrepreneurs. *REGEPE - Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas*, *7*(2), 201–226. https://doi.org/10.14211/regepe.v7i2.1071

Lavalle, S., Lesser, E., Shockley, R., Hopkins, M. S., & Kruschwitz, N. (2011). Big Data, Analytics and the Path From Insights to Value. *MIT Sloan Management Review*, *52*(2), 21–32.

Mayer, P., Volland, D., Thiesse, F., & Fleisch, E. (2011). User Acceptance of ' Smart Products ': An Empirical Investigation. In A. E. L. (AISeL) (Ed.), *10th International Conference on Wirtschaftsinformatik* (Vol. 1, Issue 1, pp. 1063–1072). AIS Electronic Library (AISeL).

Moore, G. C., & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, *2*(3), 192–222.

Niehaves, B., & Plattfaut, R. (2014). Internet adoption by the elderly: Employing IS technology acceptance theories for understanding the age-related digital divide. *European Journal of Information Systems*, *23*(6), 708–726. https://doi.org/10.1057/ejis.2013.19

Pahnila, S., Siponen, M., & Zheng, X. (2011). Integrating Habit into UTAUT: The Chinese eBay Case. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, *3*(2), 1–30. https://doi.org/10.17705/1pais.03201

Payne, K. (2008). Much Ado About Something: Web 2.0 Acceptance and Use by Public Relations Practitioners. *Public Relations Society of America*, *108*, 76–92.

Pilz, C., & Ferraz, F. (2013). Analysis of Business Intelligence (Bi) Tools Adoption in Brazilian Companies. *International Journal of Scientific Knowledge*, *3*(4), 1–9. http://www.ijosk.org/uploads/3/1/1/7/3117743/v3i401_buisness_intelligence.pdf

Prates, G. A., & Ospina, M. T. (2004). Tecnologia da informação em pequenas empresas: fatores de êxito, restrições e benefícios. *Revista de Administração Contemporânea*, *8*(2), 9–26. https://doi.org/10.1590/s1415-65552004000200002

Ransbotham, S., Kiron, D., & Prentice, P. K. (2015). Minding the analytics gap. *MIT Sloan Management Review*, *56*(3), 63–68.

Rubin, E., & Rubin, A. (2013). The impact of Business Intelligence systems on stock return volatility. *Information and Management*, *50*(2–3), 67–75. https://doi.org/10.1016/j.im.2013.01.002

Saunders, D. R. (1956). Moderator Variables in Prediction. *Educational and Psychological Measurement*, *16*(2), 209–222. https://doi.org/10.1177/001316445601600205

Schaupp, L. C., Carter, L., & McBride, M. E. (2010). E-file adoption: A study of U.S. taxpayers' intentions. *Computers in Human Behavior*, *26*(4), 636–644. https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.12.017

Shang, S., & Su, T. (2004). Managing User Resistance in Enterprise Systems Implementation. *Americas Conference on Information Systems*, 149–153.

Silva, A. L. C. (2020). *Dataset - Fatores Influenciadores na Intenção de de Uso de Sistemas de Business Intelligence & Analytics*. Mendeley. http://dx.doi.org/10.17632/7fdwfbz93y.1

Silva, J. M. B. Da. (2009). Aplicação do modelo UTAUT na avaliação da intenção de uso de sistemas ERP. *SEGeT – Simpósio de Excelência Em Gestão e Tecnologia*, 91.

Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1991). Personal computing: Toward a conceptual model of utilization. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *15*(1), 125–142.

Turban, E., & Volonino, L. (2013). *Tecnologia da Informação para Gestão - 8ed: Em Busca de um Melhor Desempenho Estratégico e Operacional* (Bookman (ed.); 8th ed.). Bookman Editora.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *27*(3), 425–478.

Vercellis, C. (2011). *BI2: Business Intelligence*. John Wiley & Sons.

Vroom, V. H. (1994). *Work and motivation*. Wiley Publishing, Inc.

Williams, M. D., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2015). The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): A literature review. In *Journal of Enterprise Information Management* (Vol. 28, Issue 3). https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2014-0088

Xiao, B., & Benbasat, I. (2007). E-Commerce Product Recommendation Agents : Use, Characteristics, and Impact. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, *31*(1), 137–209. https://doi.org/10.2307/25148784

Zhou, T., Lu, Y., & Wang, B. (2010). Integrating TTF and UTAUT to explain mobile banking user adoption. *Computers in Human Behavior*, *26*(4), 760–767. https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.01.013

Zuiderwijk, A., Janssen, M., & Dwivedi, Y. K. (2015). Acceptance and use predictors of open data technologies: Drawing upon the unified theory of acceptance and use of technology. *Government Information Quarterly*, *32*(4), 429–440. https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.09.005

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/09/2020
Aceitação/Acceptance: 04/11/2020

Las fintech, una revolución para la banca tradicional

Daissy Rentería[1], Isabel Vélez[1], Lillyana M. Giraldo M.[2], Luisa F. Villa[2]

daissyr.111@gmail.com; isavelez24@gmail.com; lmgiraldo@udem.edu.co; lvilla@udem.edu.co

[1] Estudiante Especialización en Gerencia de Información, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

[2] Grupo de Investigación ARKADIUS, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

Pages: 17-29

Resumen: En los últimos años la banca tradicional ha experimentado una serie de cambios debido a la llegada de nuevos competidores, que a través de un nuevo modelo de negocio llamado Fintech que denota tecnología financiera ha revolucionado la oferta de productos y servicios financieros; estos cambios motivaron el desarrollo de esta investigación, con el objetivo de identificar en qué consiste este nuevo modelo y sus principales impactos. Para lograrlo se realizó una revisión sistemática de literatura sobre las publicaciones más relevantes en los últimos 5 años, como resultado de ésta se encontró que los principales impactos fueron la digitalización de productos y servicios, seguido de cambios en el modelo de negocio de las entidades financieras, además se identificó que el aprovechamiento de las oportunidades y reacción frente a las amenazas será el diferenciador para que la banca tradicional asegure su permanencia en el mercado.

Palabras-clave: Fintech; banca tradicional; tecnología financiera; inclusión financiera.

Fintech, a revolution for traditional banking

Abstract: In recent years, traditional banking has experienced a series of changes due to the arrival of new competitors, which through a new business model called Fintech denoting financial technology, has revolutionized the offer of financial products and services; These changes motivated the development of this research, with the aim of identifying what this new model consists of and its main impacts. To achieve this, a systematic literature review was carried out on the most relevant publications in the last 5 years, as a result of which it was found that the main impacts were the digitization of products and services, followed by changes in the business model of financial institutions. Furthermore, it was identified that taking advantage of opportunities and reaction to threats will be the differentiator for traditional banks to ensure their permanence in the market.

Keywords: Fintech; traditional banking; financial technology; financial inclusion.

1. Introducción

La innovación tecnológica llegó con un gran desafío para los actores del sector financiero, quienes desde los últimos años han reconocido que mantener el mismo ritmo de sus operaciones no es una opción y que al negocio bancario le quedan dos alternativas: o se transforma o desaparece (La Nota Económica, 2019).

No obstante, dicha evolución no solo implica una migración hacia los modelos digitales, sino que también es necesario un cambio de mentalidad en la industria para cumplir las exigencias de los usuarios actuales y futuros. Precisamente, en medio de este acelerado crecimiento, las Fintech han llegado para reestructurar el ecosistema financiero y convertirse en la respuesta a la necesidad de inclusión financiera que tiene el país (La Nota Económica, 2019).

Para abordar el tema es indispensable saber que el término "Fintech" denota "tecnología financiera" y es definido como la entrega de servicios financieros y bancarios a través de la innovación tecnológica moderna, incremental o disruptiva inducida por desarrollos de TI (tecnología de la información), que describe un sector emergente en el siglo XXI (Chen L. , 2016), (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018), (Shim & Shin, 2016), (Wonglimpiyarat, 2017).

Este nuevo modelo de negocio desafía a los proveedores de servicios financieros existentes, debido a que ofrece nuevas oportunidades para una clientela más joven y conocedora de la tecnología (Gomber, Koch, & Siering, 2017), lo que significa pérdida de clientes por nuevas alternativas y supone compartir una cuota de mercado con estos actores (Romanova & Kudinska, 2016), (Shaikh, Hanafizadeh, & Karjaluoto, 2017).

Las Fintech influencian el desarrollo en los bancos y la necesidad de éstos para digitalizarse (Japparova & Rupeika-Apoga, 2017), se pueden observar formas novedosas de desintermediación y nuevos competidores en todas las funciones comerciales relevantes en los servicios financieros. En este contexto, la mayoría de los actores de la industria intentan diseñar productos y servicios financieros personalizados, inteligentes y flexibles, aunque rentables, y se esfuerzan por alcanzar nuevos niveles de atención al cliente (Gomber, Koch, & Siering, 2017).

A pesar de las amenazas, desafíos e impactos que trae consigo este modelo de negocio, se identifican ventajas y oportunidades que pueden ser aprovechadas por la banca tradicional, ya que son facilitadores de innovaciones para la industria de servicios financieros y una posibilidad para alinear mejor los negocios y las tecnologías de información (Puschmann, 2016).

En este artículo se presenta una revisión sistemática de literatura (RSL) acerca del estado actual las Fintech como una revolución para la banca tradicional. Las demás secciones del artículo están organizadas de la siguiente manera, en la segunda sección se detallan los materiales y métodos utilizados para dar respuesta a las preguntas de

investigación planteadas, en la tercera sección se exponen los resultados de la revisión y finalmente en la última sección se analizan los resultados y se discuten las implicaciones y conclusiones de la investigación.

2. Materiales y métodos

El objetivo de la investigación es identificar las oportunidades y amenazas que representan estos avances tecnológicos y los cambios que se vienen presentado, desde la perspectiva del sector bancario tradicional, por lo anterior, la banca tradicional tiene el desafío de lograr la inclusión financiera a través del desarrollo de productos y servicios que acerquen a sus clientes a la banca digital.

La investigación se realizó bajo el enfoque cualitativo, con un alcance exploratorio, a través de una revisión sistemática de literatura. Inicialmente se realizó una contextualización general a través de búsquedas en internet sobre el tema seleccionado y se definió el propósito de la investigación, posteriormente se formularon las siguientes preguntas para dar respuesta al propósito definido.

¿Cómo se define el concepto de Fintech y cuál ha sido su evolución?

¿Cómo se clasifican las Fintech y cuál es el sector o segmento?

¿Cuáles son las amenazas que representan las Fintech para la banca tradicional?

¿Qué impactos ha causado las Fintech al sector de la banca?

¿Cuáles son las ventajas de las Fintech frente a la banca tradicional?

¿Cuáles son los desafíos investigativos de las Fintech frente a la banca tradicional?

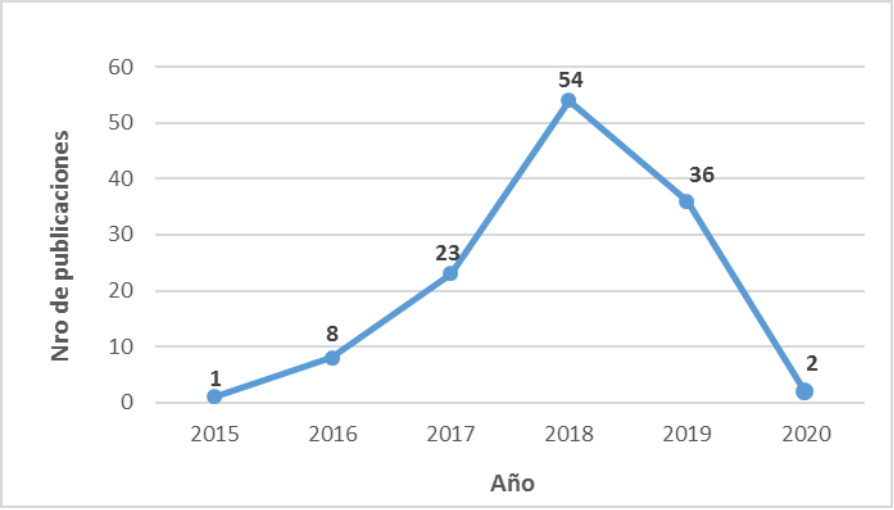
Una vez identificados los criterios anteriores se seleccionaron los términos de búsqueda y su alcance, obteniendo la siguiente ecuación la cual fue consultada por medio de búsqueda avanzada en la base de datos Scopus:

*(TITLE-ABS-KEY (*Fintech*) AND (*evolution*) AND (TITLE-ABS-KEY (bank) OR TITLE-ABS-KEY (*finance*) OR TITLE-ABS-KEY (*financial*))) AND NOT (libertarian AND cryptocurrency) AND NOT (TITLE (p2p) OR TITLE (*regula*) OR TITLE (swift) OR TITLE (survey) OR TITLE (review) OR TITLE (overview)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE,"cp")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English"))*

La consulta se limitó sólo a publicaciones escritas en inglés, correspondientes a artículos de revista y conferencias, excluyendo artículos de revisión, encuestas y términos no relevantes para el resultado esperado.

La búsqueda arrojó un total de 124 documentos, los cuales fueron ordenados por mayor número de citaciones y publicados en los últimos 5 años (ver gráfica 1) con el objetivo de identificar los artículos más posicionados, al aplicar estos criterios el resultado se redujo

a 122 documentos; de estos se seleccionaron los 12 artículos más relevantes y se realizó análisis de títulos y resúmenes, para corroborar su relación con el tema a investigar.



Gráfica 1 – Número de publicaciones por año. Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realizó la lectura de los siguientes artículos y se dio respuesta a las preguntas formuladas, adicionalmente se ampliaron diferentes conceptos relacionados con el tema.

Nro Artículo	Título	Año
1	The digital revolution in financial inclusion: international development in the Fintech era	2017
2	On the Fintech revolution: interpreting the forces of innovation, disruption, and transformation in financial services	2018
3	Digital finance and Fintech: current research and future research directions	2017
4	Analyzing china's Fintech industry from the perspective of actor-network theory	2016
5	Blockchain entrepreneurship opportunity in the practices of the unbanked	2017
6	Banking business models of the digital future: the case of latvia	2017
7	Fintech	2016
8	Capitalizing on the crowd: the monetary and financial ecologies of crowdfunding	2017
9	Impact of digital finance on financial inclusion and stability	2018
10	Fintech - what's in a name?	2016
11	Is mobile payment still relevant in the Fintech era?	2018
12	From Fintech to finlife: the case of Fintech development in china	2016

Nro Artículo	Título	Año
13	The transition from traditional banking to mobile internet finance: an organizational innovation perspective - a comparative study of Citibank and ICBC	2017
14	Banking and Fintech: a challenge or opportunity?	2016
15	Fintech banking industry: a systemic approach	2017
16	Mobile banking and payment system: a conceptual standpoint	2017

Tabla 1 – Artículos seleccionados

3. Resultados

Después de realizar la revisión de los artículos seleccionados, se presentan los resultados según las preguntas formuladas al inicio de la investigación.

3.1 ¿Cómo se define el concepto de Fintech y cuál ha sido su evolución?

El término "Fintech" es una contracción de "tecnología financiera" y se entiende en términos generales como un conjunto de tres campos principales: los nuevos sistemas de pago, nuevas formas de cálculo de riesgo y nuevas formas de préstamo (Langley & Leyshon, 2017), (Puschmann, 2016).

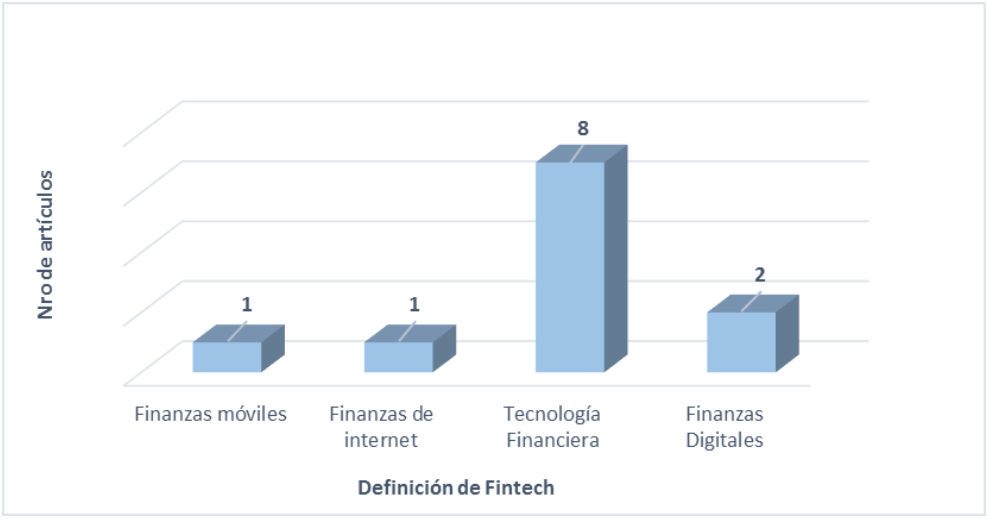
También se identificaron los siguientes términos para describir la digitalización de la industria financiera en general (Chen, Li, Wu, & Luo, 2017), (Gomber, Koch, & Siering, 2017):

- Finanzas de Internet
- Finanzas móviles
- Finanzas digitales

En la siguiente gráfica se muestra el resultado general de las definiciones del término Fintech, según los autores de los artículos revisados.

Para que emergiera el concepto Fintech como un modelo de negocio, se presentaron una serie de hitos tecnológicos en el sector financiero que permitieron la posterior evolución a un ecosistema de Fintech, entre los cuales se destacaron los siguientes (Puschmann, 2016):

- 1959 Introducción del cajero automático (ATM) en Arlington / Ohio
- 1967 Primer cajero automático en Europa lanzado por Barclays Bank en Londres
- 1971 La transición del comercio físico al electrónico de NASDAQ(Asociación Nacional de Corredores de Valores Automatizado de Cotización)
- 1981 Introducción de la banca en casa a través de Citibank y el banco Chase Manhattan
- 1994 Lanzamiento de los primeros servicios bancarios por Internet por Stanford Credit Unión.



Gráfica 2 – N de artículos según definición de Fintech. Fuente: Elaboración propia

- 1999 La primera prestación de servicios de banca móvil por parte del banco noruego Fokus marca los principales hitos de desarrollo temprano de las Fintech en el siglo pasado

La evolución de la digitalización de los servicios financieros vista desde tres enfoques se caracterizó de la siguiente manera:

Evolución de la digitalización de la industria de servicios financieros (según Alt y Puschmann 2016, pp. 36 y siguientes)					
Fases Caracteristicas	**Fase 1: hasta 1960**	**Fase 2: 1960–1980**	**Fase 3: 1980–2010**	**Fase 4: 2010–2020**	**Fase 5: desde 2020**
Enfoque estratégico	Canal único para clientes	Dos canales	Múltiples canales	Canales cruzados	Canales híbridos
Enfoque de la organización	Procesos de soporte	Procesos internos administrativos	Proceso de cara al cliente	Procesoso de proveedores	Procesos del cliente
Enfoque de sistemas	Sin sistemas de integración	Integración parcial de sistemas internos	Integración de sistemas internos	Integración de sistemas de proveedores de servicios financieros externos	Integración de sistemas de proveedores de servicios No financieros externos

Gráfica 3 – Evolución de la digitalización de la industria de servicios financieros. Fuente: Fintech (2016)

Otros eventos relevantes para la evolución de las Fintech fueron: la crisis financiera mundial de los años 2007-2008, en la cual el nivel de confianza e interés en instituciones

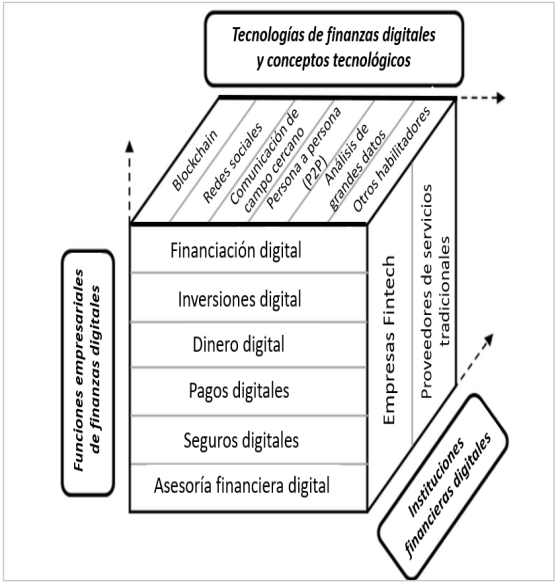
financieras bajó dramáticamente y abarcó diferentes partes y mercados, además se resalta la influencia de la tecnología en la actividad constante de las empresas de TI antes de la burbuja de las puntocom y la explosión de las start-ups de TI a partir de la crisis (Zavolokina, Dolata, & Schwabe, 2016).

3.2. ¿Cómo se clasifican las Fintech y cuál es el sector o segmento?

Las Fintech como nuevo modelo de negocio se clasificaron en dos grupos: empresas que proporcionan servicios complementarios a los servicios bancarios y empresas que prestan servicios tradicionalmente cubiertos por bancos (Romanova & Kudinska, 2016).

La mayoría de los desarrollos a nivel Fintech se han dado en: tecnologías financieras, tecnologías en seguros, crowdfunding (financiación colectiva) (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018), Fintech de procesos cruzados e inversiones (Puschmann, 2016), créditos (Larios-Hernández, 2017), operaciones y gestión de riesgos, seguridad de los datos y monetización, e interfaz de clientes (Romanova & Kudinska, 2016); adicional a éstos se identificó que los pagos digitales han sido el área de mayor desarrollo encontrado, los cuales a su vez fueron clasificados en: banca mobile, POS (punto de venta), internet, banca online, banca telefónica y aplicación (Japparova & Rupeika-Apoga, 2017).

Los servicios de las Fintech varían de acuerdo con las funciones de negocio, de la siguiente manera: finanzas digitales, inversiones digitales, dinero digital, pagos digitales, seguros digitales y asesoría financiera digital (Gomber, Koch, & Siering, 2017) como se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 4 – Cubo de finanzas digitales y sus dimensiones. Fuente: digital finance and FinTech: current research and future research directions (2017)

A nivel de usuarios también se puede hacer la siguiente distinción: Usuarios individuales, Empresas, Instituciones públicas y privadas y Negocios e individuos con una demanda de pagos (Chen, Li, Wu, & Luo, 2017).

3.3. ¿Cuáles son las amenazas que representan las Fintech para la banca tradicional?

El crecimiento de la industria Fintech representa una amenaza para la banca tradicional ya que esta puede romper su cadena de valor o pueden ser "tragadas" por las bigtechs (grandes compañías tecnológicas, digitales globalizadas), por el crecimiento exponencial de sus negocios (Japparova & Rupeika-Apoga, 2017).

Las finanzas digitales desafían a los proveedores de servicios financieros existentes, debido a que ofrecen nuevas oportunidades para una clientela más joven y conocedora de la tecnología (Gomber, Koch, & Siering, 2017), lo que significa pérdida de clientes por nuevas alternativas supone compartir una cuota de mercado con estos actores (Romanova & Kudinska, 2016), (Shaikh, Hanafizadeh, & Karjaluoto, 2017), disminución o cambios en su planta de empleados por la implementación de la banca sin sucursales, desaparición de asesores financieros por la implementación de procesos sin interacción física y se espera que el 50% de los empleados bancarios se vuelvan redundantes (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018), (Puschmann, 2016). Adicionalmente la ciberseguridad se convertirá en un riesgo más crítico (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018).

3.4. ¿Qué impactos han causado las Fintech al sector de la banca?

Las Fintech influencian el desarrollo en los bancos y la necesidad de estos para digitalizarse y representan disrupción de la industria financiera, debido a que las sucursales están destinadas a convertirse en el canal alternativo para los clientes en su relacionamiento con el banco, integrando los sistemas de pagos electrónicos e instrumentos tales como: banca online, banca mobile y aplicaciones (Japparova & Rupeika-Apoga, 2017).

El nuevo modelo en la industria se integra más plenamente en los servicios financieros (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018), se pueden observar formas novedosas de desintermediación y nuevos competidores en todas las funciones comerciales relevantes en los servicios financieros. En este contexto, la mayoría de los actores de la industria intentan diseñar productos y servicios financieros personalizados, inteligentes y flexibles, aunque rentables, y se esfuerzan por alcanzar nuevos niveles de atención al cliente (Gomber, Koch, & Siering, 2017). Como parte de su estrategia las instituciones financieras deben convertirse en creadores, líderes y propietarios de Fintech, y no solo en usuarios (Chen, Li, Wu, & Luo, 2017).

Otros desafíos e impactos encontrados en la revisión de los artículos, fueron los siguientes: implementación de tecnología blockchain (libro de registros distribuido para mantener un registro permanente y a prueba de manipulaciones de datos transaccionales), productos financieros basados en información, automatización de procesos, reorganización de la cadena de valor de los servicios financieros, reorganización de canales, más autoservicios para clientes, cambio de tamaño de las operaciones internas, contratación outsourcing (subcontratación, externalización o tercerización) (Puschmann, 2016), mejora activa

de sus modelos de negocio, establecimiento de una estructura organizativa innovadora, establecimiento de nuevas asociaciones de cooperación (Chen, Li, Wu, & Luo, 2017). Nuevas relaciones comerciales entre las plataformas de crowdfunding, por un lado y los bancos o fondos de inversión, por otro (Langley & Leyshon, 2017).

Las bancas se beneficiarán de nuevas innovaciones, remodelando las finanzas al ofrecer sus principales productos y servicios financieros por medio de plataformas tecnológicas (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018). El portafolio de servicios de pagos móviles y banca digital han revolucionado el panorama de los servicios bancarios y han aumentado el alcance de la banca minorista a áreas remotas (Shaikh, Hanafizadeh, & Karjaluoto, 2017).

3.5. ¿Cuáles son las ventajas de las Fintech frente a la banca tradicional?

Una de las principales ventajas que se identificó para la industria Fintech es que proporcionan productos financieros alternativos y servicios que también son proporcionados por bancos tradicionales (Shim & Shin, 2016), de forma más rápida con un proceso continuo (Ozili, 2018), con poca intermediación financiera (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018) o intermediación en primer plano y relaciones crédito-deuda dentro de las ecologías monetarias y financieras (Langley & Leyshon, 2017).

Adicionalmente ofrecen acceso a los clientes por fuera de las sucursales y más allá del horario comercial normal, niveles más altos de personalización de productos y servicios basados en la detección digital y el análisis de big data (gran volumen de datos), inclusión financiera (Gomber, Kauffman, Parker, & Weber, 2018), es decir, nuevas oportunidades financieras para las personas, brindando transparencia, reduciendo costos o recortando intermediarios y lo que es aún más importante, accesibilidad a la información (Zavolokina, Dolata, & Schwabe, 2016), eliminación de limitantes geográficas y de tiempo, la posibilidad de acceso a personas en situación de discapacidad y un ambiente integrado para transacciones bancarias (Shaikh, Hanafizadeh, & Karjaluoto, 2017), implementación de blockchain como una nueva infraestructura financiera, enfoque interorganizacional orientado de empresa a cliente (B2C), de cliente a cliente (C2C) y de proveedor a empresa (B2B) (Puschmann, 2016).

Los proveedores de Fintech enfrentan menos regulaciones (o no están regulados en algunos países) y la baja carga regulatoria que enfrentan hace que sea más fácil para éstos enfocarse en mejorar su tecnología financiera e intermediación y funcionar al tiempo que reduce los costos, donde sea posible, para servir mejor a los clientes. Adicionalmente crear asociaciones con instituciones de crédito tradicionales puede ayudar a reducir los costos operativos y mejorar la calidad de sus actividades de intermediación (Ozili, 2018), así mismo, la integración de las empresas de Internet móvil y las instituciones financieras acelera la innovación de las organizaciones y productos financieros (Chen, Li, Wu, & Luo, 2017).

3.6. ¿Cuáles son los desafíos investigativos de las Fintech frente a la banca tradicional?

En cuanto a los desafíos investigativos, en los artículos revisados se mencionaron los siguientes:

En el artículo de los autores Gomber, Koch y Siering (2017) se resaltó que los desafíos investigativos en esta área estarán centrados en:

1. Determinar si las plataformas de crowdfunding son competidores o complementarios a los bancos en lugar de ser sustitutos.
2. Establecer cómo compiten las plataformas.
3. Identificar de acuerdo con qué factores los creadores de campañas eligen que tipo de plataforma.
4. Identificar qué otro tipo de plataformas surgirán en un futuro.

Según Gomber, Kauffman, Parker y Weber (2018) las futuras investigaciones deben enfocarse en dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Confiarán los futuros inversores en las plataformas Fintech en la medida en que las generaciones anteriores hayan confiado en los bancos tradicionales?
2. ¿Qué se necesitará para que las futuras plataformas confíen lo suficiente en las plataformas Fintech?
3. ¿Cuál será el valor agregado de la contribución del sector Fintech al PIB (producto interno bruto) de servicios financieros?
4. ¿Cómo entrarán las innovaciones regtech (tecnología regulatoria) en la industria?
5. ¿La revolución Fintech producirá un mejor historial en comparación con el pasado?

   Adicionalmente los autores sugieren, realizar más investigaciones para que se pueda entender mejor cómo los clientes relativamente desatendidos pueden ingresar al sistema financiero formal de una manera rentable.

Puschmann (2016) indicó que se requiere el dominio de los sistemas de información el cual puede contribuir con su fuerte enfoque interdisciplinario al proporcionar investigación desde diversas perspectivas y al vincular la ingeniería, la informática, los negocios, el marketing y otras disciplinas, además planteó la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los patrones de innovación en Fintech con respecto a objetos individuales (productos y servicios, procesos, etc.) y las interrelaciones entre ellos? Desde la perspectiva del autor Larios-Hernández (2017) se presentaron las siguientes preguntas para futuras investigaciones:

1. ¿Cómo se pueden facilitar los servicios semiformales mediante blockchain y plataformas digitales móviles?
2. ¿La gente aprobaría su inclusión en este tipo de servicio?
3. ¿Cómo se fusionarían estos servicios con la oferta formal existente?
4. ¿Cómo se puede actualizar la regulación para apoyar los servicios semiformales?

Algunos de los desafíos planteados por otros autores se relacionan a continuación:

- Investigar cómo los servicios de las Fintech afectaran el mercado, si actores no regulados proveen servicios críticos en el sistema de pagos (Japparova & Rupeika-Apoga, 2017).
- Explorar la relación entre las finanzas digitales y las crisis económicas para determinar si las finanzas digitales ayudan a propagar el contagio financiero durante una crisis (Ozili, 2018).

- En materia de inclusión financiera existen dos aspectos que deberían tomar relevancia en futuras investigaciones: es importante reflejar las prácticas de resistencia que adoptaran las personas para evitar ser monitoreadas y las formas en las que los pobres se están apropiando de la tecnología, una forma que muchas veces no ha logrado ser captada por los algoritmos inventados (Gabor & Brooks, 2017).
- Investigar las tendencias, direcciones, fortalezas y debilidades del campo desde la perspectiva de los profesionales de Fintech (inversores, startups, bancos, etc.) (Zavolokina, Dolata, & Schwabe, 2016).

4. Conclusiones

Los artículos investigativos sobre las Fintech en los últimos años se centraron en su mayoría en las áreas de finanzas digitales, pagos digitales, blockchain y cryptomonedas, sin embargo, se evidencia que el tema es relativamente nuevo y no se encuentran muchas publicaciones sobre el mismo.

Como se observa en la gráfica 2 el concepto más utilizado para definir el término Fintech es "tecnología financiera", no obstante, los demás artículos presentan conceptos similares enfocados al tema revisado.

En lo referente a la evolución de las Fintech se identifica que la masificación del internet y las innovaciones tecnológicas son los elementos más destacados que han impulsado el desarrollo de las tecnologías financieras.

Respecto a su clasificación, las Fintech pueden dividirse en diferentes categorías según el enfoque de cada autor, algunas de estas pueden ser según el tipo de servicios o el público objetivo, aunque la clasificación más relevante está dada por compañías que prestan servicios financieros tradicionales y compañías que prestan servicios complementarios.

La principal amenaza es la pérdida de clientes, lo que implica compartir una parte del mercado, debido a que los clientes y usuarios demandan productos y servicios más ágiles y a la medida de sus necesidades.

Con relación a los impactos que traen consigo las Fintech para la banca tradicional, el principal es que promueve la digitalización de sus productos y servicios, seguido de cambios en su modelo de negocio. Lo anterior se dará de acuerdo con la percepción positiva o negativa de la banca tradicional y su reacción frente a este modelo, donde podrá convertirse en líder o socio de empresas Fintech.

A cerca de las ventajas de las Fintech frente a la banca tradicional, es claro que éstas son más eficientes respecto a interacción con los clientes, costos, procesos y servicios, dado el conocimiento, uso de tecnologías y escasa regulación que les permite implementar procesos y servicios más simples y con poca intermediación, a su vez, el análisis de big data hace posible el diseño de productos y servicios a la medida y la inclusión financiera.

Finalmente, dentro de las apreciaciones y sugerencias para futuras investigaciones se resalta ahondar sobre cómo será la aceptación y adopción de los usuarios frente a este nuevo modelo de negocio y cuál será el papel de las regulaciones que se implementen para proteger a los clientes y usuarios y enmarcar esta actividad.

Por lo anterior, este artículo es el punto de partida para generar un caso de estudio en el sector financiero, ya que recopila los elementos más relevantes de las Fintech y plantea los desafíos investigativos sobre el tema, dando las bases necesarias para llevarlo a la práctica y lograr la profundización sobre aspecto elegido.

Referencias

Chen, L. (2016). From Fintech to Finlife: the case of Fintech Development in China. China Economic Journal, 9(3), 225-239.

Chen, Z., Li, Y., Wu, Y., & Luo, J. (2017). The transition from traditional banking to mobile internet finance: an organizational innovation perspective - a comparative study of Citibank and ICBC. Financial Innovation, 3(12), 1-16.

Colprensa. (2019). Sistema financiero y el salto a lo digital. Retrieved from https://www.elcolombiano.com/negocios/empresas/sistema-financiero-y-el-salto-a-lo-digital-BG11355411

Gabor, D., & Brooks, S. (2017). The digital revolution in financial inclusion: International development in the fintech era. New Political Economy, 22(4), 423-436. doi:doi:10.1080/13563467.2017.125929

Gomber, J., Koch, A., & Siering, M. (2017). Digital finance and FinTech: Current research and future research directions. Journal of Business Economics, 87(5), 537-580. doi:doi:10.1007/s11573-017-0852-x

Gomber, P., Kauffman, R., Parker, C., & Weber, B. (2018). On the Fintech Revolution: Interpreting the Forces of Innovation, Disruption, and Transformation in Financial Services. Journal of Management Information Systems, 35(1), 220-265.

Japparova, I., & Rupeika-Apoga, R. (2017). Banking business models of the digital future: The case of Latvia. European Research Studies Journal, 20(3), 864-878.

La Nota Económica. (2019). Colombia Fintech. Retrieved from https://www.colombiafintech.co/novedades/fintech-la-evolucion-de-la-banca-tradicional-en-colombia

Langley, P., & Leyshon, A. (2017). Capitalizing on the crowd: The monetary and financial ecologies of crowdfunding. Environment and Planning A, 49(5), 1019-1039.

Larios-Hernández, G. (2017). Blockchain entrepreneurship opportunity in the practices of the unbanked. Business Horizons, 60(6), 865-874.

Ozili, P. (2018). Impact of digital finance on financial inclusion and stability. Borsa Istanbul Review, 18(4), 329-340.

Puschmann, T. (2016). Fintech. Business & Information Systems Engineering, 59, 69–76.

Romanova, I., & Kudinska, M. (2016). Banking and fintech: A challenge or opportunity? Contemporary Studies in Economic and Financial Analysis, 98, 21-35.

Schultze, J. (2018). Haciendo historia en el mundo Fintech hace 15 años. Retrieved from https://www.larepublica.co/finanzas-personales/haciendo-historia-en-el-mundo-fintech-hace-15-anos-2591334

Shaikh, A., Hanafizadeh, P., & Karjaluoto, H. (2017). Mobile banking and payment system: A conceptual standpoint. International Journal of e-Business Research, 13(2), 14-27.

Shim, Y., & Shin, D.-H. (2016). Analyzing China's Fintech Industry from the Perspective of Actor-Network Theory. Telecommunications Policy, 40(2-3), 168-181.

Wonglimpiyarat, J. (2017). FinTech banking industry: a systemic approach. Foresight, 19(6), 590-603.

Zavolokina, L., Dolata, M., & Schwabe, G. (2016). FinTech - What's in a name? Thirty Seventh International Conference on Information Systems, (pp. 1-19). Dublin. Ireland.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/10/2020
Aceitação/Acceptance: 26/12/2020

Modelado Conceptual de Sistemas de Gobierno Electrónico incorporando Patrones de Escenario

Oscar Carlos Medina[1], Manuel Pérez Cota[2], Paula Agustina Cánepa[1], Marcelo Martín Marciszack[1]

omedina@frc.utn.edu.ar; mpcota@uvigo.es; paula.acanepa@gmail.com; marciszack@frc.utn.edu.ar

[1] Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Cruz Roja Argentina y Maestro López s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

[2] Universidad de Vigo, Campus Universitario, s/n, 36310 Vigo, Pontevedra, España.

Pages: 30-42

Resumen: *Contexto:* Un patrón es un modelo que permite la reutilización de una solución exitosa para un mismo problema en distintos contextos. *Objetivo:* En este trabajo se incorporan Patrones de Escenario para describir requerimientos funcionales en el Modelo Conceptual de un sistema de información. *Métodos:* Se desarrolla un caso práctico sobre un software de gestión de consultas de ciudadanos implementado en un Organismo Público de seguridad social. *Resultados:* La incorporación de patrones en la fase de Modelado Conceptual impacta positivamente en las métricas de eficiencia de desempeño del software. *Conclusiones:* Es factible usar Patrones de Escenario para describir requerimientos de modelado e incrementar el nivel de calidad del software público. Los patrones descritos en el presente trabajo forman parte de un catálogo de patrones en una investigación que tiene como meta definir un modelo de análisis para aplicación de Patrones en el Modelado Conceptual de sistemas de Gobierno Electrónico.

Palabras-clave: Modelo Conceptual; Sistema de Información; Patrones de Escenario; Gobierno Electrónico; E-Gob.

Electronic Government Systems Conceptual Modeling incorporating Scenario Patterns

Abstract: *Context:* A pattern is a model that allows the reuse of a successful solution for the same problem in different contexts. *Objective:* In this work, Scenario Patterns are incorporated to describe functional requirements in the information system Conceptual Model. *Methods:* A practical case is developed on a citizen questions management software implemented in a social security Public Organism. *Results:* The incorporation of patterns in the Conceptual Modeling phase has a positive impact on the performance metrics of the software. *Conclusions:* It is feasible to use Scenario Patterns to describe modeling requirements and increase the quality level of public software. The patterns described in this paper are part of a patterns

catalog in a research that aims to define an analysis model for the application of Patterns in the Electronic Government systems Conceptual Modeling.

Keywords: Conceptual Model; Information System; Scenario Patterns; Electronic Government; E-Gov.

1. Introducción

1.1. Conceptos claves

Se entiende por Buenas Prácticas de Gobernanza que son *"todas las iniciativas y experiencias que contribuyen a mejorar la efectividad de las actuaciones gubernamentales y que inciden positivamente en las condiciones de vida de los vecinos, logrando un impacto tangible en las comunidades"* (Varela Rey, 2016).

Asociados a las Buenas Prácticas de Gobernanza se encuentran los procesos que dan soporte a las aplicaciones de Gobierno Electrónico.

Gobierno Electrónico es *"la aplicación de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) en los procesos de Gobierno"* (Medina, Marciszack & Groppo, 2018a). También llamado E-Gobierno o E-Gob (el prefijo "E" significa electrónico) abarca a los sistemas de información que dan soporte a los procesos de la Administración Pública.

Por analogía, Buenas Prácticas de Gobierno Electrónico, son el conjunto de mejores prácticas de E-Gob que pueden ser utilizadas como referencia en la construcción del software público. Estas experiencias exitosas descriptas de manera simple, precisa y estandarizada permiten aprovechar el conocimiento acumulado previamente en un nuevo sistema E-Gob basado en el mismo proceso.

En el presente trabajo se desarrolla, como caso de estudio, la aplicación de Patrones de Escenario en la fase de Modelado Conceptual de un sistema de administración de consultas de ciudadanos implementado en un Organismo Público de la provincia de Córdoba, Argentina.

1.2. El origen de los Patrones de Escenario

Existe un modelo de Ingeniería de Software que posibilita la descripción genérica de un proceso como el mencionado y se llama Patrón. El concepto de patrón fue formulado inicialmente por el arquitecto Christopher Alexander quien lo expone en sus libros "A pattern language" (Alexander, 1977) y "The Timeless Way of Building" (Alexander, 1979). En ellos define *"cada patrón es una regla de tres partes, que expresa una relación entre un cierto contexto, un problema y una solución"* (Alexander, 1979).

Esta idea de patrón es aprovechada en el diseño de software por Gamma, Helm, Johnson, y Vissides, quienes publican la obra más importante sobre este tema: "Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software" (Gamma et al., 1994), acorde al paradigma de la programación orientada a objetos. A partir de la difusión de este libro se propusieron patrones para las distintas fases del desarrollo de software creando tipos específicos para cada una de ellas, como es el caso de patrones que modelan procesos de negocios.

Los escenarios son descripciones formalizadas sobre una situación en particular dentro de un contexto del dominio. *"Los escenarios son descripciones narrativas de las interacciones entre los usuarios y los sistemas propuestos"* precisa Potts (Potts, 1995). Los escenarios desempeñan el rol de instrumentos de comunicación y análisis de la problemática que intenta resolver el software explorando distintas alternativas de diseño.

Carroll (Carroll, 1995) es de los primeros que elabora una propuesta de "Diseño Basado en Escenarios" cambiando el foco del diseño de las funcionalidades del sistema al modo en que las personas lo utilizan y, otros tópicos relacionados con la experiencia de usuario. *"El diseño basado en escenarios es una familia de técnicas en las que el uso de un futuro sistema se describe concretamente en un momento temprano del proceso de desarrollo"* avizoran Rosson y Carroll (Rosson & Carroll, 2002), lo que se logra, por ejemplo, contemplando en el Modelo Conceptual requerimientos no funcionales como los de usabilidad y navegación. Con una visión más amplia en cuanto a su rol para comprender la interface ente el medioambiente y el sistema, según Hadad et al.: *"un escenario comienza en el macrosistema, para el cual el software es un componente, y continúa evolucionando a medida que el 'artefacto' de software se va construyendo"* (Hadad et al., 1996). Hadad et al. invitan a integrar escenarios en la fase de elicitación de requerimientos con LEL (Léxico Extendido del Lenguaje), que es una herramienta basada en el lenguaje natural focalizándose en el vocabulario del usuario y relegando para la fase siguiente la comprensión del problema (Leite, 1989, Antonelli, 2003).

Profundizando con estas técnicas de elicitación de requisitos, Ridao, Doorn y Leite usan patrones para la construcción de escenarios mediante un procedimiento que al determinar un patrón (Ridao, Doorn & Leite, 2000a), permita reutilizar su estructura para derivar el escenario correspondiente. Proponen una taxonomía en la que se analizan y se describen una serie de patrones para la construcción de escenarios. Para ello, se construyen las especificaciones de una serie de Patrones de Escenarios, que surgen del análisis de los procesos de negocios. Del mismo modo, en otro artículo presentan *"una heurística de selección de patrones de escenarios basada en el uso de árboles de decisión, organizados con preguntas precisas y fáciles de responder"* (Ridao, Doorn & Leite, 2000b). Partiendo de esta heurística, Cortés Bravo et al. hacen una "Propuesta de un Catálogo de Patrones de Escenario para la Definición de Requisitos" y la asocian a un caso de estudio concreto en el dominio de la telemática y resaltan las ventajas que tiene la utilización de patrones de escenarios como instrumento de implantación y mejora de procesos organizacionales (Cortés Bravo et al., 2016).

El Modelado Conceptual de un sistema tiene como objetivo identificar y explicar los conceptos significativos en un dominio de problema. Según Sommerville (Sommerville, 2011) el Modelo Conceptual del sistema se realiza en las primeras actividades del "Proceso Unificado Racional" de desarrollo de software: modelado de negocios, elicitación de requerimientos, análisis y diseño. Un patrón que se aplica al Modelado Conceptual cumple la función de reutilizar el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores encapsulado en soluciones de análisis y diseño concretas, permitiendo la verificación y validación de los requerimientos funcionales.

Un escenario en el Diseño Basado en Escenarios es el equivalente a un caso de uso en UML o a una historia de usuario en metodologías Ágiles. Estos artefactos son la especificación funcional con mayor nivel de detalle del Modelo Conceptual. Los Patrones de Escenario especifican los requerimientos funcionales y no funcionales. Se incorporan en el Modelo Conceptual simultáneamente con otros patrones que cubren distintas facetas del modelado como se grafica en la Figura 1.

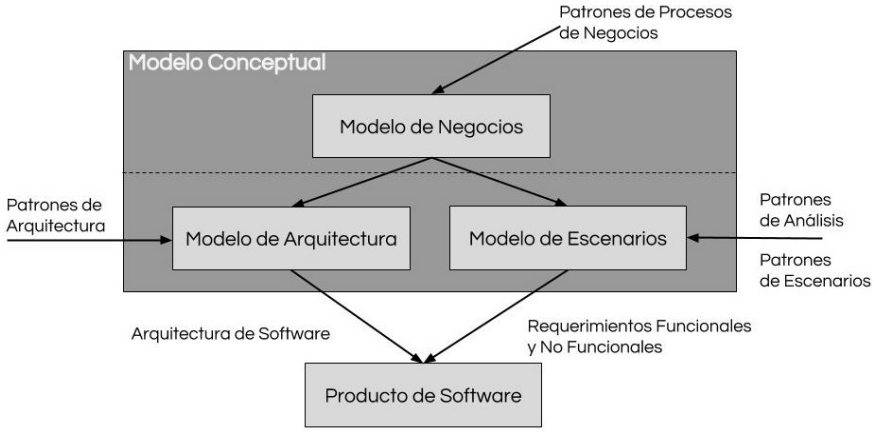


Figura 1 – Incorporación de Patrones en el Modelado Conceptual

La reusabilidad es una dimensión de la calidad de software. Para el ámbito particular de Gobierno Electrónico existen modelos de medición de calidad propios desarrollados en los trabajos (Medina, Marciszack & Groppo, 2018a, Medina, Marciszack & Groppo, 2018b, Sá & Rocha, 2017) que proponen marcos de evaluación de calidad para sistemas y servicios gubernamentales. Un modelo de evaluación de calidad para sistemas de E-Gobierno como el Modelo MoQGEL (Sá & Rocha, 2017) permite comprobar si la incorporación de patrones en el Modelado Conceptual optimiza su calidad con un indicador objetivo y cuantificable.

2. Materiales y Métodos

El caso abordado en este trabajo corresponde a la implementación de un proceso de consultas web que se llevó a cabo en la Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba, Organismo Público de seguridad social de la provincia de Córdoba, Argentina (C.J.P.R.C., 2020a). Este Organismo Público es el encargado de brindar diferentes tipos de beneficios ya sean Jubilaciones, Pensiones o Retiros a los ciudadanos que hayan acreditado el correspondiente derecho.

El sistema de gestión de consultas de ciudadanos está publicado como un servicio del portal de CIDI, sigla que significa Ciudadano Digital y es la plataforma de Gobierno Electrónico del Estado provincial (CIDI, 2020). El objetivo de la funcionalidad de

consultas es permitir la comunicación bilateral entre un Organismo Público y los ciudadanos a través de Internet. Mediante este sistema, los ciudadanos pueden enviar sus consultas, sugerencias y reclamos al Organismo Público y recibir una respuesta o solución acorde a lo que requiere. El proceso integral de gestión de consultas planteado logró que todas las áreas del Organismo Público se involucraran y comprometieran en brindar una respuesta adecuada al ciudadano y resolver sus problemas de una forma más rápida y eficiente. Se implementó un circuito que permite derivar la consulta al área o persona que posee la capacidad técnica y el conocimiento específico para responder según la problemática de la consulta.

Para ejemplificar su aplicación en el Modelado Conceptual se desarrolla a continuación la especificación funcional de un escenario utilizando patrones.

2.1. Caso práctico aplicando Patrones de Escenario

El primer paso para especificar un escenario empleando patrones es identificar los dos actores que intervienen en el proceso: Ciudadano con usuario CIDI, quien registra la consulta, y el Usuario Caja, responsable de dar una respuesta simple y clara a quien efectúa la consulta. El circuito de actividades completo del mencionado proceso se describe gráficamente en el diagrama con notación BPMN, acrónimo en inglés que significa Notación de Gestión de Procesos de Negocios (ver Figura 2).

Con los actores definidos, se puede determinar qué rol desempeñan y cuáles son las actividades que realizan en el proceso. El proceso comienza cuando el Ciudadano ingresa con su usuario y contraseña personal en la plataforma CIDI y registra su consulta o reclamo. A partir de ese momento, el Usuario Caja puede ver la consulta en su bandeja de entrada y asignarla para comenzar a trabajar con la misma. Luego de analizarla, si no posee el conocimiento necesario para contestarla puede derivarla a otra área o a otra persona con mayor información sobre el tema del que trata la consulta. Caso contrario, se pueden dar dos situaciones: la consulta está incompleta, por lo cual puede solicitarse más información al ciudadano, o directamente se puede responder y se cierra.

Se selecciona para aplicar el Patrón de Escenario la actividad Registrar Consulta. Al analizar el escenario, se lo clasifica como un escenario de Negociación Inconclusa con Disparador de Escenarios, ya que el actor usuario CIDI debe realizar una secuencia de acciones (tales como ingresar al portal, elegir asunto, descripción, entre otras) las cuales desencadenan la ejecución de otros escenarios en el futuro, como, por ejemplo, tomar consulta, derivarla o cerrarla.

Luego elegir el Patrón de Escenario se procedió al modelado del escenario en donde se especifican objetivo, contexto, actores, recursos, restricciones, episodios y excepciones (ver Tabla 1). De acuerdo a la técnica para modelar el escenario propuesta por Leite y Antonelli (Leite, 1989, Antonelli, 2003) y por Moreno et al. (Moreno et al., 2017), se utiliza LEL (Extendido del Lenguaje) para completar cada uno de los atributos del patrón. De esta forma se puede representar el vocabulario del dominio utilizando lenguaje natural para que sea fácil de recordar y simple de validar con el cliente.

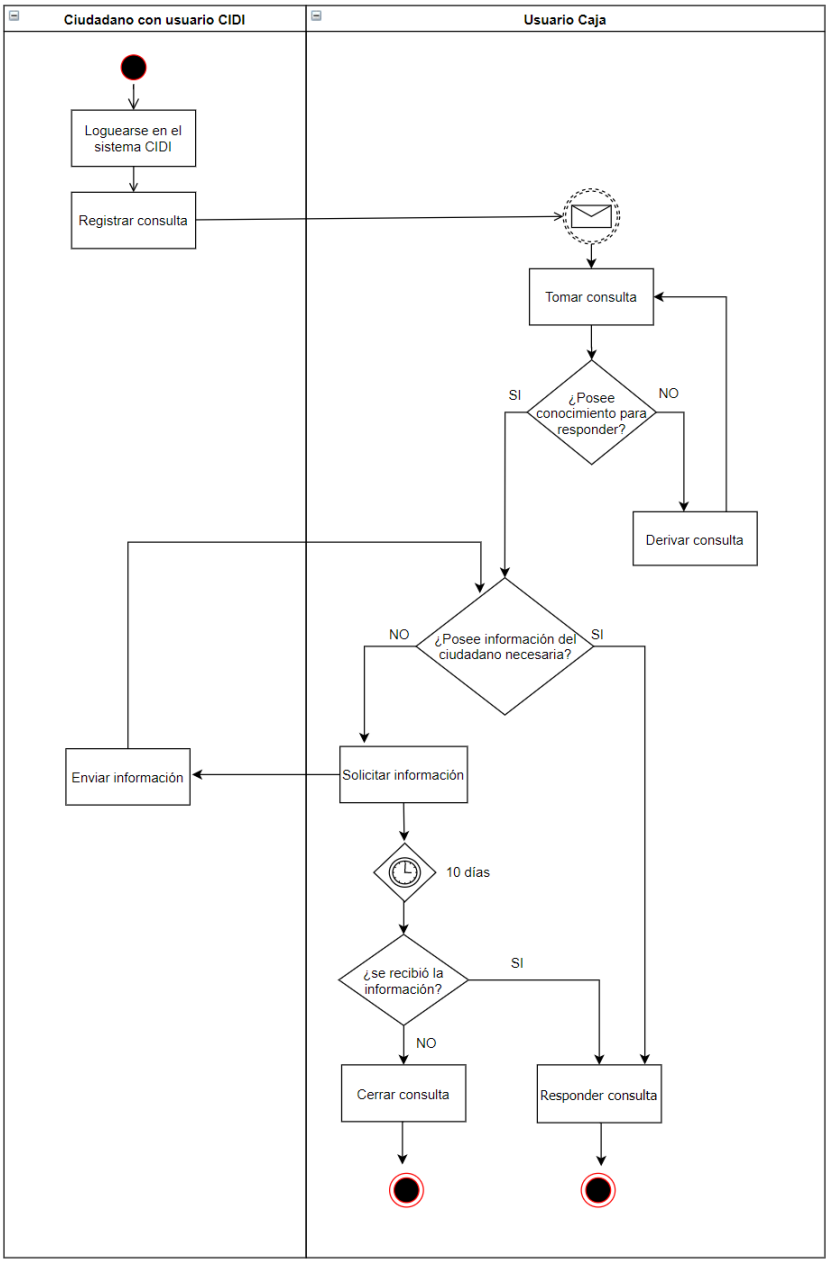


Figura 2 – Diagrama de proceso de consultas de ciudadanos.

Título	***Registrar nueva consulta***
Objetivo	Registrar correctamente en el sistema una nueva consulta de un ciudadano.
Contexto	Debe existir previamente un asunto relacionado con la Caja de Jubilaciones sobre el cual el ciudadano desee realizar una consulta.
Actores	ciudadano con usuario CIDI activo Usuario Caja
Recursos	Portal de CIDI comprobante de consulta notificación electrónica
Restricciones	Sólo los ciudadanos con usuario CIDI activo pueden registrar consultas ingresando por el Portal de CIDI al sitio web de la Caja de Jubilaciones. El ciudadano no puede tener dos consultas abiertas del mismo asunto en un momento determinado.
Episodios	1. El ciudadano ingresa al Portal de CIDI con su usuario CIDI. 2. El ciudadano ingresa al módulo Consultas web de la Caja de Jubilaciones. 3. El ciudadano elige la opción para crear una nueva consulta. 4. El ciudadano elige el asunto de su consulta. 5. El ciudadano ingresa una descripción detallada de su consulta. 6. SI el ciudadano posee documentos en formato digital que den soporte y amplíen la descripción ingresada ENTONCES [adjunta los documentos]. 7. El ciudadano declara estar de acuerdo con los plazos y metodología de la respuesta que le vaya a brindar el sistema. 8. El ciudadano confirma los datos ingresados y se registra la consulta. 9. El sistema emite el comprobante de consulta en formato pdf. 10. El sistema envía una notificación al mail del ciudadano confirmando el registro de su consulta. 11. La consulta ingresa a la bandeja de entrada del Usuario Caja.
Excepciones	El ciudadano quiere registrar una consulta con el mismo asunto de otra anterior que aún permanece abierta (CAMBIAR EL ASUNTO). El ciudadano quiere registrar una consulta sin elegir el asunto (ELEGIR ASUNTO). El ciudadano quiere registrar una consulta sin ingresar la descripción (INGRESAR DESCRIPCIÓN). El ciudadano quiere registrar una consulta sin declarar que está de acuerdo con los plazos y metodología de respuesta.

Tabla 1 – Escenario Registrar nueva consulta.

2.2. Selección de patrón

Elegir un patrón de un conjunto acotado denominado catálogo, es una de las tareas críticas que debe resolver toda metodología que use patrones.

Una alternativa para la selección de un Patrón de Escenario es utilizar el árbol de decisión con una serie de preguntas sobre el proceso definidas por la heurística de Ridao, Doorn y Leite (Ridao, Doorn & Leite, 2000b).

Se comienza con la primera pregunta: ¿Hay un único actor? Al momento de registrar la consulta, intervienen en la acción el ciudadano al ingresar al Portal CIDI. Con su usuario CIDI completa todos los datos necesarios e ingresa la descripción de su consulta

que puede ser un pedido de información, un reclamo o el relato de un problema. A continuación, el Usuario Caja recibe en su bandeja de entrada la consulta recientemente registrada. Consecuentemente, la respuesta a esa pregunta es “No” por lo que se debe continuar con la siguiente del árbol de decisión: ¿Existen roles similares? La respuesta es “No”, ya que cada persona que interviene en el proceso tiene asignada diferentes permisos y cumplen funciones diferentes. Una nueva pregunta: ¿Existe un pedido previo? La respuesta es “No” porque el procedimiento no se desencadena por una acción previa. A la próxima pregunta: ¿Necesita respuesta? le corresponde por respuesta un “Si” debido a que el ciudadano espera que se conteste su consulta. La siguiente pregunta: ¿Solo una? tiene por respuesta “No” ya que registrar una nueva consulta puede disparar diferentes escenarios tales como: derivar la consulta a otra área, solicitar información (lo que generaría una respuesta intermedia al ciudadano) o directamente cerrar la consulta. En esta instancia se ha arribado al final del árbol de decisión y a la selección de un escenario del tipo “Negociación inconclusa con disparador de escenarios”.

Este árbol de selección de Patrones de Escenarios se muestra a continuación en la Figura 3:

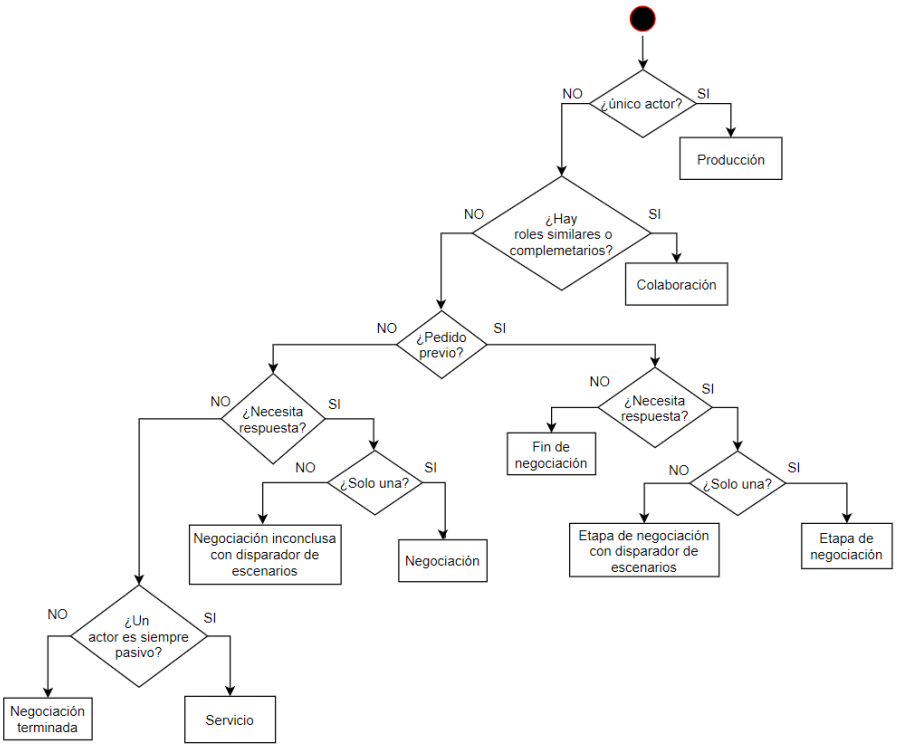


Figura 3 – Árbol de selección de escenarios

Existe una segunda alternativa que se puede utilizar para determinar qué patrones de escenario aplicar en el caso de estudio planteado. La técnica propuesta parte modelo

del negocio y se puede aplicar tempranamente en el Modelado Conceptual. Los pasos consisten en encontrar un Patrón de Objetivos del sistema que estamos modelando a partir de las palabras clave que caractericen algunos de los problemas. Luego se obtiene el Patrón de Procesos de Negocios en un gráfico unificado que desarrolla el modo en que se relacionan todos los procesos intervinientes y cómo intercambian recursos entre ellos (Marciszack et al., 2018). La especificación del proceso principal del patrón tiene asociados Patrones de Escenarios que describen los requerimientos del sistema tal como se explicó en el caso práctico de este trabajo.

En la Figura 4 se presenta el mencionado gráfico unificado del Patrón de Procesos del proceso "Registrar nueva consulta".

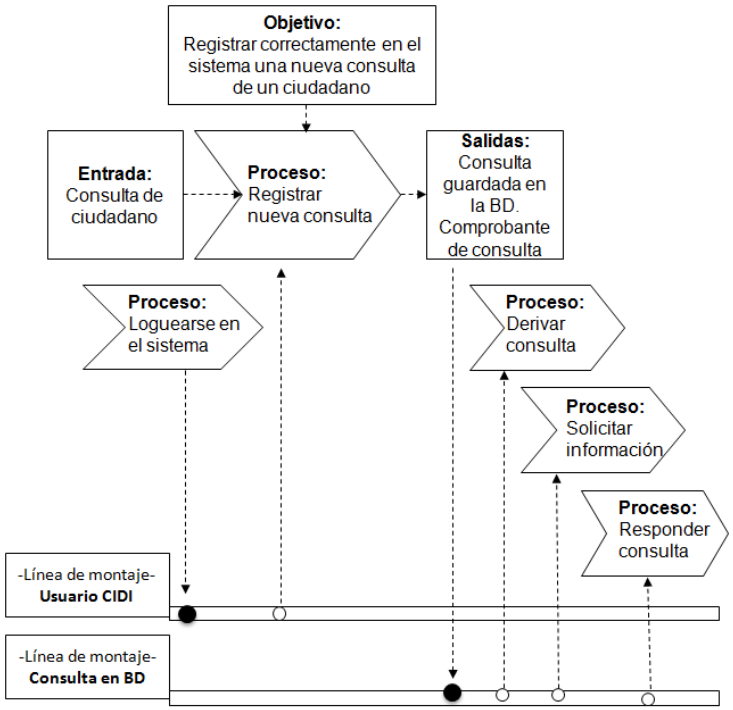


Figura 4 – Patrón de procesos (gráfico unificado)

Del análisis del Patrón de Procesos se identifica información que es consistente con el Patrón de Escenario. En primer lugar, se advierte que el proceso "Registrar nueva consulta" tiene como entrada la consulta del ciudadano y no toma ninguna petición o resultado de un procedimiento previo, solo utiliza como recurso el usuario CIDI. Esta característica refuerza la selección del tipo de Patrón de Escenario quedando descartados los escenarios: Fin de negociación y etapa de negociación ya que estos se aplican cuando existe una solicitud previa en el proceso. Por esta misma razón de que no necesita interacción con otros procesos, ni datos proveídos por agentes externos para la cumplir con el objetivo propuesto.

Por otro lado, la salida del proceso es la consulta registrada y almacenada en la base de datos, que luego será utilizada por otros procesos para realizar diferentes operaciones, cálculos o modificaciones sobre la misma. Es decir, que el proceso analizado puede derivar en diferentes escenarios según el caso particular de la consulta que tramite. Se puede concluir nuevamente que nos encontramos frente a un escenario de "Negociación inconclusa con disparador de escenarios" debido a que "Registrar nueva consulta" es una actividad que produce una salida que impacta en el sistema macro de gestión de consultas de ciudadanos (Medina, Marciszack & Groppo, 2018b). La finalización de cada consulta es resuelta en el futuro en otros procesos posteriores, ya que en esta instancia no se responde al ciudadano.

3. Resultados

Al finalizar la implementación del sistema, se definieron algunas métricas para evaluar el impacto de la aplicación de patrones en el Modelo Conceptual del software de gestión de consultas de ciudadanos. Se analizaron tres características fundamentales para un cuatrimestre: la cantidad de personas que realizaban consultas, para corroborar si habíamos logrado una mayor accesibilidad y acercamiento con los ciudadanos de la provincia; la cantidad de consultas que realizaba cada persona, para ver si recurrían nuevamente a la herramienta y el tiempo promedio de respuesta, para evaluar si había aumentado la rapidez del proceso.

La elección de estos indicadores se realizó porque se cuentan con la misma medición para etapas anteriores de implementación del proceso con soporte informático y presencial. De esta manera se realiza el análisis comparando datos de tres etapas diferentes del proceso de gestión de consultas de ciudadanos. La primera etapa corresponde al momento en que las consultas se realizaban presencialmente completando un formulario en papel y los datos fueron sacados de la edición impresa del informe anual 2014 de la Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba (C.J.P.R.C., 2020b). La segunda etapa se corresponde con un sistema web que contemplaba sólo consultas por reclamos, sin la implementación de patrones de Modelado Conceptual. La tercera etapa refleja los resultados obtenidos mediante el sistema con la incorporación de patrones en el modelado. Cabe señalar que en las dos últimas etapas los datos se obtuvieron de los registros de auditoría del sistema del Organismo Público.

En los valores detallados en la Tabla 2 se puede apreciar que existe una mejora sustancial con respecto a las primeras dos etapas cuando se decidió utilizar un sistema web para registrar y responder consultas, pero con el mismo proceso presencial, aumentando en un 847% la cantidad de consultas recibidas y 661% el número de personas que interactuaron con el Organismo Público por este medio.

En la tercera etapa, no solo se presentaron incrementos en la cantidad de consultas y personas que utilizaron el sistema, sino que también disminuyó a menos de la mitad la cantidad de días necesarios para brindar una respuesta al ciudadano. El promedio de consultas por personas también se vio reducido, esto debido a que las personas necesitan menos interacciones con el Organismo Público para resolver sus problemas. Podemos

concluir entonces, que se ha aumentado la eficiencia del sistema al reducir los tiempos y la eficacia al resolver problemas con menor cantidad de consultas.

Sistema	Período analizado	Total de consultas	Cant. de personas	Promedio consultas por persona	Tiempo (días) de respuesta promedio
Proceso presencial	01/03/2014 a 01/07/2014	974	811	1,20	Sin datos
Sistema anterior de RECLAMOS	01/11/2017 a 01/03/2018	9.228	6.178	2,66	17,47
Sistema nuevo de CONSULTAS	01/03/2018 a 01/07/2018	12.710	8.811	2,60	6,62

Tabla 2 – Métricas del proceso

4. Conclusiones

Se concluye en primer lugar que los Patrones de Escenario de este artículo deberán ser incluidos en un catálogo de patrones E-Gob junto con los Patrones de Procesos de Negocios desarrollados en trabajos anteriores (Medina et al., 2018a, Medina et al., 2018b). Y pueden utilizarse en la etapa de experimentación de una investigación que tiene como meta definir un modelo de análisis para aplicación de Patrones en el Modelado Conceptual de sistemas de Gobierno Electrónico.

En el mismo sentido, de acuerdo a los resultados evaluados en el sistema de Gobierno Electrónico analizado, se afirma que es posible utilizar Patrones de Escenario para especificar requerimientos funcionales en el Modelado Conceptual.

Al igual que en casos de estudio anteriores, se comprobó la posibilidad de la representación gráfica de todos los patrones empleados en el trabajo, con el adicional de su complementariedad con otras técnicas de elicitación de requerimientos. Ambas facilitan tanto las actividades de creación, selección y comprensión de los patrones, posibilitando interactuar con los mismos artefactos a distintos roles del proyecto como ser analista de procesos, analista funcional y usuario clave. Es importante destacar que para la representación gráfica de patrones se requiere un nivel de síntesis adecuado que conduce a describir lo esencial dentro de las figuras que componen la abstracción del proceso.

La incorporación de Patrones de Escenario en el Modelo Conceptual conlleva un conjunto de beneficios para un nuevo desarrollo de un sistema de consultas de ciudadanos. En primer lugar, permite tener presente desde el comienzo del modelado las características principales de cada escenario. También, empleando otras técnicas como LEL y BPMN, es posible anticipar algunas de las situaciones problema-solución en el circuito del proceso y gestionarlas en el mismo lenguaje del usuario del sistema. Finalmente, permite acelerar la construcción del software reutilizando en el Modelo Conceptual el conocimiento de experiencias exitosas anteriores encapsuladas en patrones.

Referencias

Alexander, C. (1977). A pattern language. Oxford University Press. New York.

Alexander, C. (1979). The Timeless Way of Building. Oxford University Press - New York.

Antonelli, L. (2003). *Traceability en la Elicitación y Especificación de Requerimientos*. (Tesis para la obtención del título de Magister en Ingeniería de Software), Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata - La Plata, Argentina.

C.J.P.R.C. (2020a). *Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba – Institucional*. Extraído de: http://www.cajajubilaciones.cba.gov.ar/portal/institucional.

C.J.P.R.C. (2020b). *Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba - Informes y Balances*. Extraído de: https://www.cajajubilaciones.cba.gov.ar/portal/buscador_de_informes.

Carroll, J.M. (1995). Scenario-based design: envisioning work and technology in system development. John Wiley & Sons.

CIDI (2020), *Ciudadano Digital, Gobierno de la Provincia de Córdoba - ¿Qué es Ciudadano Digital?* Extraído de: http://ciudadanodigital.cba.gov.ar/que-es-ciudadano-digital.

Cortés Bravo, C.A., Abud Figueroa, M.A., Romero Torres, C., & Peláez Camarena, G. (2016). Propuesta de un Catálogo de Patrones de Escenario para la Definición de Requisitos. *ReCIBE Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, Año 5 N° 1, Artículo 52.

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vissides, J. (1994). Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley.

Hadad, G., Kaplan, G., Oliveros, A., & Leite, J.C.S.P. (1996). Integración de Escenarios con el Léxico Extendido del Lenguaje en la elicitación de requerimientos: Aplicación a un caso real. Universidad de Belgrano - Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática.

Leite, J.C.S.P. (1989). Application Languages: A Product of Requirements Analysis. Departamento de Informática, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Marciszack, M.M., Moreno, J.C., Sánchez, C.E., Medina, O.C., Delgado, A.F., Castro, C.S. (2018). Patrones en la construcción del Modelo Conceptual para sistemas de información. Editorial edUTecNe, U.T.N.

Medina, O.C, Marciszack, M.M., & Groppo, M.A. (2018a). Aproximación descriptiva a las Buenas Prácticas de Gobierno Electrónico y a su incorporación en el Modelado Conceptual de Sitios Web Públicos de Argentina. *Revista "Tecnología y Ciencia" en línea*, Artículo 100, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

Medina, O.C, Marciszack, M.M., & Groppo, M.A. (2018b). Proposal for the patterns definition based on good practices for the electronic government systems development. En *Actas de CISTI 2018*, AISTI y UEX Universidad de Extremadura, España.

Medina, O.C, Cánepa, P.A., Gruppo, M.O., Marciszack, M.M., Groppo, M.A. (2018a). Un caso de estudio de patrones de Gobierno Electrónico para gestión de consultas de ciudadanos. En *Actas de CONAIISI 2018, Red RIISIC, CONFEDI y Universidad CAECE*.

Medina, O.C, Pérez Cota, M., Marciszack, M.M., Martin, S.M., Pérez, N., Dean, D.D. (2018b). Conceptual Modelling of a Mobile App for Occupational Safety Using Process and Objectives Patterns. En *Trends and Applications in Software Engineering*, (pp. 186-195). Springer.

Moreno, J.C., Marciszack, M.M., Saad, G.A., Fernandez, E.E., & Fernandez Taurant, J.P. (2017). Modelando Escenarios desde el Modelo de Negocios Empleando Patrones. En *Actas de CONAIISI 2017*, Red RIISIC, CONFEDI y U.T.N. - F.R.S.F.

Potts, C. (1995). Using Schematic Scenarios to Understand User Needs. Proceedings of DIS'95. In *Proceedings of the Symposium on Designing Interactive Systems: Processes, Practices and Techniques*, ACM Press, University of Michigan.

Ridao, M., Doorn, J., & Leite, J.C.S.P. (2000a). Aspectos Recurrentes en la Construcción de Escenarios. En *Memorias de IDEAS´00 – Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software*, Cancún, México.

Ridao, M., Doorn, J., & Leite, J.C.S.P. (2000b). Uso de Patrones en la Construcción de Escenarios. En *Anais WER 2000, III Workshop em Engenharia de Requisitos*, Rio de Janeiro, Brasil.

Rosson, M.B., & Carroll, J.M. (2002). Scenario-Based Design. En *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications,* Chapter 53, (pp. 1032-1050), Lawrence Erlbaum Associates.

Sá, F.A., & Rocha, A. (2017). Qualidade do Governo Eletrónico. Modelo MoQGEL. Ed. Sílabo.

Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software. 9a Edición en español, Pearson.

Varela Rey, A. (2016). Beneficios del intercambio de buenas prácticas municipales. *INNOTEC Gestión*, 7, (pp. 55-59), Laboratorio Tecnológico del Uruguay.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/09/2020
Aceitação/Acceptance: 29/11/2020

Processo de Enfermagem Informatizado Apoiado por Sistema Especialista na Aplicação das Escalas de Braden e de Glasgow

Edquel Bueno Prado Farias[1], Dacyr Dante de Oliveira Gatto[2], Marcio Romero[3], João Rafael Gonçalves Evangelista[4], Renato José Sassi[5]

edquel.prado@live.com; dacyrgatto@terra.com.br; mhromero@hotmail.com; jrafa1607@gmail.com; rjsassi@gmail.com

[1] Universidade Nove de Julho, Rua Vergueiro 235, 01504-001, São Paulo, Brasil

[2] Universidade Nove de Julho, Rua Vergueiro 235, 01504-001, São Paulo, Brasil

[3] Universidade Nove de Julho, Rua Vergueiro 235, 01504-001, São Paulo, Brasil

[4] Universidade Nove de Julho, Rua Vergueiro 235, 01504-001, São Paulo, Brasil

[5] Universidade Nove de Julho, Rua Vergueiro 235, 01504-001, São Paulo, Brasil

Pages: 43-56

Resumo: O Processo de Enfermagem (PE) padroniza a forma de atender e diagnosticar o paciente. Durante sua execução, escalas de apoio são utilizadas, como a de Glasgow e de Braden, que visam agregar parâmetros na decisão clínica. Para apoiar a aplicação correta dessas escalas, é possível utilizar técnica de Inteligência Artificial (IA), como Sistemas Especialistas (SE). O hospital público, objeto de estudo deste trabalho, não apresentava o processo de enfermagem informatizado. Desta forma, informatizou-se o processo, e um SE foi usado para auxiliar na aplicação das escalas. O objetivo deste trabalho foi apresentar a implementação, em hospital público de médio porte, do processo de enfermagem informatizado apoiado por SE na aplicação das escalas de Braden e de Glasgow. A metodologia de pesquisa usada foi bibliográfica, aplicada e experimental. Tanto o processo de enfermagem informatizado quanto o SE foram implementados e os resultados parciais obtidos são positivos, porém necessitam de maior tempo de análise e avaliação.

Palavras-chave: Processo de Enfermagem Informatizado; Sistemas Especialistas; Escala de Glasgow; Escala de Braden; Hospital Público; Sistema de Apoio à Decisão Clínica.

Nursing Process supported by Expert System in the Application of the Braden and Glasgow Scales

Abstract: The nursing process standardizes the way to meet and diagnose the patient. Supporting scales such as those of Glasgow and Braden are used during the process, aiming at adding parameters to the clinical decision. To support the application of these scales it is possible to use intelligent techniques such as Expert

Systems (ES). The public hospital object of study of this work did not present the computerized nursing process. Thus, the process was computerized and an ES was used in the application of the scales. The objective of this work was to present the implementation of the computerized nursing process supported by ES in the application of the Braden and Glasgow scales in a medium-sized public hospital. The research methodology of this study was bibliographical, applied and experimental. Both the nursing process and the ES were implemented and the partial results obtained are positive, but essential for a longer period of analysis and evaluation.

Keywords: Nursing Process; Expert Systems; Glasgow Scale; Braden Scale; Public Hospital; Clinical Decision Support Systems.

1. Introdução

O Processo de Enfermagem (PE) é um instrumento metodológico que favorece a qualidade e a segurança no cuidado ao paciente (Ramalho, Fontes & Nóbrega, 2013). Para sua implantação, o enfermeiro precisa consultar uma ampla gama de literatura e material de apoio técnico-científico, algo que demanda muito tempo de pesquisa para cada item de diagnóstico e prescrição.

Palomares e Marques (2010) mencionam que, ao se informatizar o processo de enfermagem, as principais contribuições são: otimização do tempo, melhora na organização, padronização da linguagem, auxílio na tomada de decisão, facilidade na recuperação de dados e na comunicação multiprofissional, menos redundância, integração das informações, bem como segurança e integridade dos dados.

É importante salientar que, durante o desenvolvimento do PE, escalas são utilizadas, tais como a de Glasgow (Serpa, Gouveia Santos, Campanili & Queiroz, 2011) e a de Braden, para agregar parâmetros na decisão clínica (diagnóstico), na evolução e no histórico do paciente (Silva, Araújo, Oliveira & Falcão, 2010).

A Escala de Coma de Glasgow (ECG), também conhecida como escala de Glasgow, é um instrumento essencial para a mensuração do nível de consciência do paciente, uma vez que avalia sua capacidade de abrir os olhos, comunicar-se verbalmente, obedecer a comandos e mover suas extremidades. Por isso, vem sendo utilizada tanto no atendimento pré-hospitalar quanto nas Unidades de Terapia Intensiva – UTI (Luz, Lopacinski, Fraga & Urban, 2010).

Já a escala de Braden é um instrumento essencial para mensurar o risco de se desenvolver úlcera de pressão, que é definida como uma lesão causada por uma pressão não aliviada, que acarreta na diminuição da circulação sanguínea e, consequentemente, na morte e necrose da pele (Meneghin & Lourenço, 1988).

Para apoiar a tomada de decisão e a aplicação das escalas de Braden e Glasgow, pode-se utilizar a técnica da Inteligência Artificial (IA) denominada Sistema Especialista (SE) (Peek, Combi, Marin & Bellazzi, 2015).

Um SE lida com problemas do mundo real que, na maioria das vezes, necessitariam da análise e interpretação de um especialista. Com o uso de um modelo computacional análogo ao raciocínio humano, é possível chegar a conclusões semelhantes às de um especialista no assunto (Magoc & Magoc, 2011).

Uma das diferenças entre um SE e um software convencional é o uso de raciocínio lógico, utilizando procedimentos de inferência para resolução de problemas. SEs utilizam regras de produção do tipo "SE ENTÃO", seguido por conectivos lógicos relacionados dentro do âmbito do assunto em questão (Esfandiari, Babavalian, Moghadam & Tabar, 2014).

Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar a implementação, em hospital público de médio porte, do processo de enfermagem informatizado apoiado por SE na aplicação das escalas de Braden e de Glasgow.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Processo de Enfermagem

O Processo de Enfermagem (PE) surgiu na década de 1960, apoiando-se no método científico de observação, mensuração e análise de dados, sendo descrito por Virgínia Henderson e elaborado por Faye Abdellah (Alfaro-Lefevre, 2014). Em 1979, no Brasil, a enfermeira Wanda de Aguiar Horta apresentou e definiu o PE como a dinâmica das ações sistematizadas e inter-relacionadas, que visam dar assistência ao ser humano, tendo por base a teoria das necessidades humanas básicas (Horta, 2011). O PE, porém, só começou a ser implementado de maneira geral nas instituições de saúde a partir de 2009, cumprindo exigências do Conselho Federal de Enfermagem (COFEN, 2009).

De acordo com a resolução 358/2009 (COFEN, 2009), o PE deve ser realizado em todo o Brasil, de modo deliberado e sistemático, por todas as instituições de saúde públicas e privadas. Um sinônimo bastante conhecido e usado de PE é a Sistematização da Assistência de Enfermagem – SAE (Alfaro-Lefevre, 2014).

Ainda segundo a resolução 358/2009 (COFEN, 2009), o PE se organiza em 5 etapas: a) Coleta de dados de enfermagem (ou Histórico de enfermagem); b) Diagnóstico de enfermagem; c) Planejamento de enfermagem; d) Implementação de enfermagem; e) Avaliação de enfermagem.

Descrevem-se, a seguir, as etapas do PE:

a. Coleta de dados de enfermagem ou Histórico de enfermagem
   É constituído por entrevista e exame físico. A entrevista investigará a situação de saúde do paciente ou da comunidade, identificando os problemas e as necessidades de intervenções. Já o exame físico consiste na inspeção, palpação, percussão e ausculta, procedimentos estes que necessitam de conhecimento teórico e habilidades técnicas apropriadas para sua realização.
b. Diagnóstico de enfermagem
   Nesta fase, o enfermeiro analisa os dados coletados e o estado de saúde do indivíduo através da identificação e avaliação de problemas de saúde presentes ou em potencial. Os diagnósticos são elaborados de acordo com os protocolos da instituição; os mais utilizados são: NANDA e CIPE.
c. Planejamento de enfermagem
   São determinados os resultados esperados de maneira específica e identificadas as intervenções necessárias. As intervenções devem ser direcionadas para

alcançar os resultados estimados, bem como para prevenir, resolver ou controlar as alterações encontradas durante o histórico e diagnóstico de enfermagem.

d. Implementação de enfermagem
   Trata-se da concretização do plano assistencial e da realização das ações ou intervenções determinadas na etapa de planejamento de enfermagem.
e. Avaliação de enfermagem
   Processo sistemático e contínuo de verificação de mudanças nas respostas da pessoa, família ou coletividade, em um determinado momento do processo saúde-doença, para determinar se as ações ou intervenções de enfermagem alcançaram o resultado esperado. Aqui, verifica-se também a necessidade de mudanças ou adaptações em alguma das etapas do PE. São utilizados os seguintes indicadores para avaliação: Ausente ou Presente; Melhor ou Pior; Mantido ou Resolvido. Nessa etapa, está a evolução de enfermagem, que é a avaliação do paciente a cada 24 horas.

A inter-relação entre essas fases é fundamental. Logo, uma coleta inadequada de dados pode levar a uma conclusão errônea dos problemas apresentados e a um planejamento inapropriado (Amante, Rossetto & Schneider, 2009).

O enfermeiro deve conhecer e usar diversas literaturas sobre sistemas de classificação de enfermagem durante a elaboração do PE. Dentre elas, estão as seguintes classificações sugeridas pela Associação Norte-Americana de Diagnósticos de Enfermagem – NANDA (Johnson, Maas, Swanson, Moorhead, Butcher & Bulecheck, 2012): a Classificação de Intervenções de Enfermagem – NIC (Dochterman & Bulechek, 2008), a Classificação dos Resultados de Enfermagem – NOC (Moorhead, Johnson, Maas & Swanson, 2015) e a Classificação Internacional para a Prática de Enfermagem – CIPE (ICN, 2007).

A NANDA, em conjunto com a NIC e a NOC, oferece à disciplina de enfermagem os elementos dos dados clínicos para um registro automatizado do paciente (Johnson *et al.,* 2012). A NANDA é uma literatura obrigatória composta de uma compilação de diagnósticos em enfermagem que descreve as reações dos pacientes às doenças (Dochterman & Bulechek, 2008; Johnson *et al.,* 2012).

A NIC é uma classificação abrangente e padronizada das intervenções realizadas pelos enfermeiros, e é responsável por caracterizar as intervenções hospitalares de modo bem específico (Dochterman & Bulechek, 2008; Johnson *et al.,* 2012).

Já a NOC mensura as alterações no estado do paciente, ou seja, documenta o desenvolvimento de resultados padronizados para a avaliação de doenças (Dochterman & Bulechek, 2008; Johnson *et al.,* 2012).

Escalas de apoio

Durante as etapas do PE, utilizam-se as escalas de Braden e Glasgow na mensuração de valores que apoiam o diagnóstico e a prescrição. A escala de Braden é um instrumento essencial para mensurar a probabilidade de os pacientes desenvolverem úlcera de pressão, e foi publicada em 1987, nos Estados Unidos da América, sendo adaptada e validada para a cultura brasileira em 1999 (Serpa *et al.,* 2011).

A escala de Braden é composta por seis subescalas (Gomes, Bastos, Matozinhos, Temponi & Velásquez-Meléndez, 2011): Percepção sensorial, atividade, mobilidade, nutrição, fricção e cisalhamento. Todas contribuem para o desenvolvimento de úlcera de pressão e nenhuma delas deve ser avaliada preferencialmente em detrimento de outra (Serpa *et al.,* 2011).

As seis subescalas recebem uma pontuação conforme o comprometimento apresentado. Para avaliar cada uma delas, deve-se recorrer à definição dos parâmetros incluídos na escala. A pontuação varia de 1 a 4, exceto nas subescalas "fricção" e "cisalhamento", que variam de 1 a 3.

A soma das seis subescalas varia entre 6 e 23. Quanto menor o valor, maior será o comprometimento apresentado e, consequentemente, maior a exposição ao risco (Serpa *et al.*, 2011). Na Tabela 1, demonstra-se a escala de Braden.

Descrição	**1**	**2**	**3**	**4**
Percepção sensorial	Totalmente limitado	Muito limitado	Levemente limitado	Nenhuma limitação
Umidade	Completamente molhado	Muito molhado	Ocasionalmente molhado	Raramente molhado
Atividade	Acamado	Confinado à cadeira	Anda ocasionalmente	Anda frequentemente
Mobilidade	Totalmente imóvel	Bastante limitado	Levemente limitado	Não apresenta limitações
Nutrição	Muito pobre	Provavelmente inadequada	Adequada	Excelente
Fricção e Cisalhamento	Problema	Problema em potencial	Nenhum problema	

Tabela 1 – Escala de Braden (Fonte: COFEN)

Os pacientes que possuem um escore igual ou maior que 16 pontos são considerados de pequeno risco para o desenvolvimento de úlcera de pressão. Escore entre 11 e 16 indica risco moderado, e abaixo de 11 pontos, indica alto risco, pois demonstra que houve uma diminuição funcional orgânica significativa que facilita o surgimento de úlcera de decúbito (Gomes *et al.,* 2011).

Outra escala de apoio utilizada é a de Glasgow, um instrumento essencial para a mensuração do nível de consciência do paciente, pois avalia a sua capacidade de abrir os olhos, comunicar-se verbalmente, obedecer a comandos e mover suas extremidades. Ela é comumente utilizada tanto no atendimento pré-hospitalar quanto nas UTIs.

A escala de Glasgow foi desenvolvida e publicada na revista *Lancet*, na década de 1970, por Graham Teasdale e Bryan Jennett. Sua versão inicial recebeu o nome de Índice de Coma (IC), mas, após um estudo estatístico sobre o sistema de pontuação, transformou-se na Escala de Coma de Glasgow – EGC (Teasdale & Jennett, 1974; Teasdale & Murray, 2000). Na Figura 1, ilustra-se essa escala.

ESCALA DE COMA DE GLASGOW

VARIÁVEIS		ESCORE
Abertura ocular	Espontânea	4
	À voz	3
	À dor	2
	Nenhuma	1
Resposta verbal	Orientada	5
	Confusa	4
	Palavras inapropriadas	3
	Palavras incompreensivas	2
	Nenhuma	1
Resposta motora	Obedece comandos	6
	Localiza dor	5
	Movimento de retirada	4
	Flexão anormal	3
	Extensão anormal	2
	Nenhuma	1

TOTAL MÁXIMO	TOTAL MÍNIMO	INTUBAÇÃO
15	3	8

Figura 1 – Escala de Coma de Glasgow – ECG (Fonte: COFEN)

Os achados da escala de Glasgow formam a base da tomada de decisão clínica, como a necessidade de tomografia computadorizada, intervenção cirúrgica e/ou modalidade de drogas (Luz *et al*., 2010; Teasdale & Murray, 2000).

2.2. Sistema Especialista

Sistema Especialista (SE) é uma técnica da Inteligência Artificial (IA), que emula o comportamento de especialistas humanos em sua área de domínio, na resolução de problemas complexos que demandam uso intensivo de conhecimento especializado para sua solução (Rezende, Pugliesi, Varejão, 2003).

Para Weiss e Kukikowski (1988), o SE lida com problemas complexos do mundo real, que geralmente necessitariam da análise e interpretação de um especialista, e soluciona-os através de um modelo computacional com raciocínio de um ser humano, de forma a chegar às mesmas conclusões que a de um especialista no assunto.

Um SE consiste na estruturação do conhecimento e nas experiências de especialistas humanos, mediante uma representação computacional que permita a aplicação de métodos consistentes de processamento em computador (Spirandelli, Santos, Rodrigues & Bandos, 2011).

Para auxiliar na construção de SEs, foram criadas ferramentas orientadas à engenharia do conhecimento denominadas *shells*. Uma *shell* permite que o desenvolvedor do sistema se preocupe somente com a representação do conhecimento do especialista, ficando para si a tarefa de interpretar o conhecimento representado e executá-lo em uma máquina. Além disso, a *shell* fornece explicações de como o sistema chega a determinada conclusão (Mendes, 1997; Pamplona, 2012; Rezende *et al.,* 2003).

Os SEs possuem a seguinte arquitetura (Weiss & Kukikowski, 1988): banco ou base de conhecimento, mecanismo ou motor de inferência e a interface com o usuário. A base de conhecimentos representa a informação, fatos e regras, que um especialista utiliza. O motor de inferência é responsável pela ação repetitiva de buscar, analisar e gerar novos conhecimentos. A interface garante a interação entre o SE e o usuário. A arquitetura do SE pode ser observada na Figura 2.

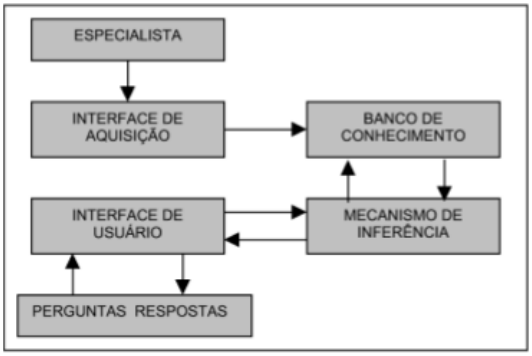


Figura 2 – Arquitetura típica de um SE (Fonte: Weiss & Kukikowski, 1988)

Alguns exemplos de aplicação de SEs na área de saúde são: Auxílio no tratamento da AIDS (Costa, Camargo & Costa, 2005), diagnóstico de câncer de próstata (Pereira, Schaefer & Marques, 2004), análise de sintomas da dengue (Ibrahim, Taib, Sulaiman & Abas, 2001), previsão de risco de HPV (Drable, Mol & Legey, 2014) e diagnóstico de infecções no sangue (Shortliffe, 2012) e no suporte à decisão clínica (Miller, Moon, Anders, Walden, Brown & Montella, 2015). Wagner (2017) realizou uma pesquisa robusta ao coletar 311 estudos de caso relativos ao uso dos SEs entre os anos de 1984 e 2016. O estudo demonstra que a aplicação do SE passou da medicina para várias outras áreas do conhecimento.

3. Materiais e Métodos

A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho foi definida como bibliográfica, exploratória e experimental, com abordagem quantitativa. Pode-se considerar a pesquisa também como aplicada, pois visa gerar conhecimento e utilizá-lo de forma prática, considerando os resultados obtidos (Gil, 2002).

3.1. Componentes e Fluxo do Processo de Enfermagem Informatizado

Neste trabalho, utilizou-se o aplicativo Access para criação e normalização da base de dados que, no caso, são protocolos de avaliação baseados nas duas escalas citadas. As etapas de implementação do PEI e do SE foram realizadas com o apoio e a participação de profissionais da área de enfermagem. As etapas de desenvolvimento do PEI não foram descritas em profundidade por não serem o objetivo do trabalho, que tem ênfase no SE.

Para criar as regras de produção do SE foi utilizado o aplicativo Expert Sinta, desenvolvido pelo Laboratório de Inteligência Artificial (LIA) da Universidade Federal do Ceará (LIA, 1999).

Na montagem da bancada de teste, utilizaram-se os seguintes equipamentos: Notebook com processador AMD Dual Core E-300, Chipset AMD A50M FCH, 2GB de memória RAM DDR3, HD de 320 GB S-ATA 5400 RPM, conexão Rede rj45 10/100 e wireless, monitor LED 14 pol, Placa de vídeo integrada, com tecnologia AMD Radeon™ Graphics 8.27.2.

Na Figura 3, apresentam-se os componentes e fluxo do PEI com destaque para o SE.

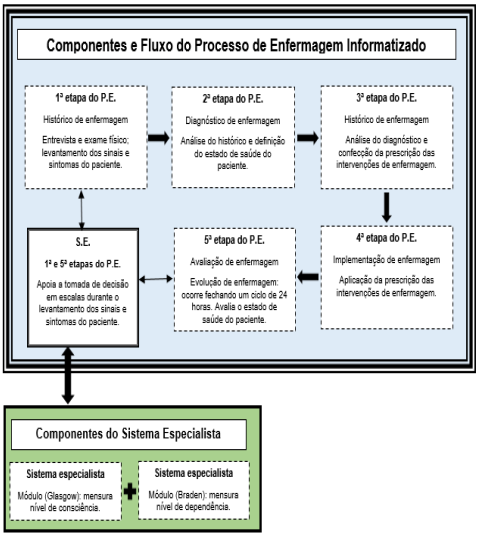


Figura 3 – Componentes e fluxo do PEI com destaque para o SE.

4. Resultados

Conforme demonstrado na Figura 4, a interface inicial do PEI é composta pelos seguintes subsistemas: cadastro de paciente, diagnóstico, evolução e histórico de enfermagem, visualizar prescrição e finalizar processo de enfermagem informatizado.

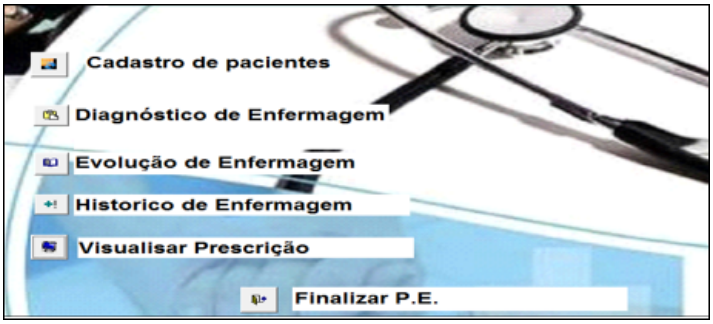


Figura 4 – Interface inicial do PEI

Apresenta-se na Figura 5 uma das 20 regras de produção geradas pelo SE.

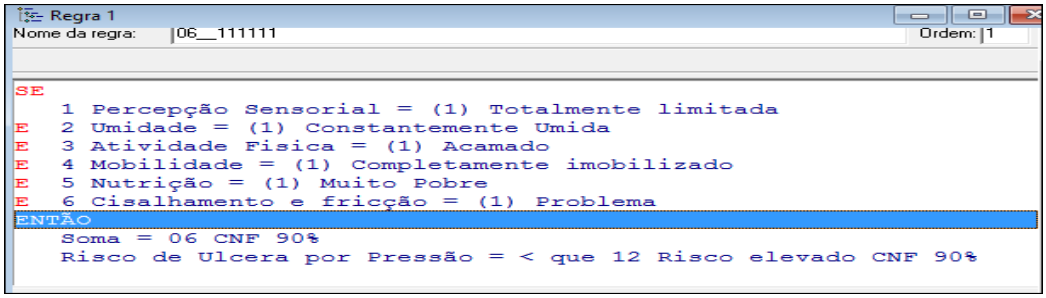


Figura 5 – Exemplo de regra gerado pelo SE

Durante a utilização do PEI, é possível acessar à janela de sinais e sintomas (Figura 6). Para seu preenchimento, o especialista consulta a interface do SE.

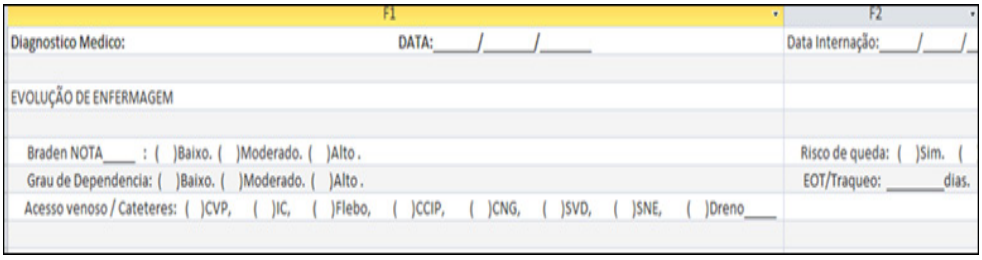


Figura 6 – Interface de sinais e sintomas

O SE é composto por dois módulos principais: escala de Braden e de Glasgow (Figura 7).



Figura 7 – Tela de abertura dos módulos da escala de Braden e da escala de Glasgow.

No módulo “escala de Braden”, o usuário visualiza uma interface de perguntas, que vai gerando novas janelas até que todas as questões levantadas sejam respondidas. Finalizada essa etapa, os resultados aparecem em uma nova interface (Figura 8),

que é composta pelas seguintes abas: resultados da consulta, todos os valores, contendo os dados que foram inseridos no sistema, e o histórico através do qual é possível avaliar como e por que o sistema chegou ao resultado proposto.

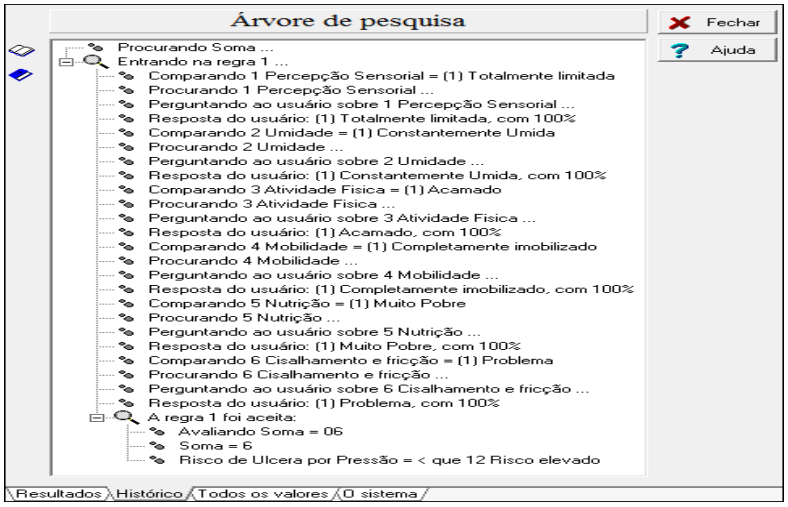


Figura 8 – Histórico da interface de resultado do SE para a escala de Braden

O mesmo processo relatado na escala Braden ocorre na escala de Glasgow. Na Figura 9, é possível visualizar o resultado das perguntas geradas pelo sistema.

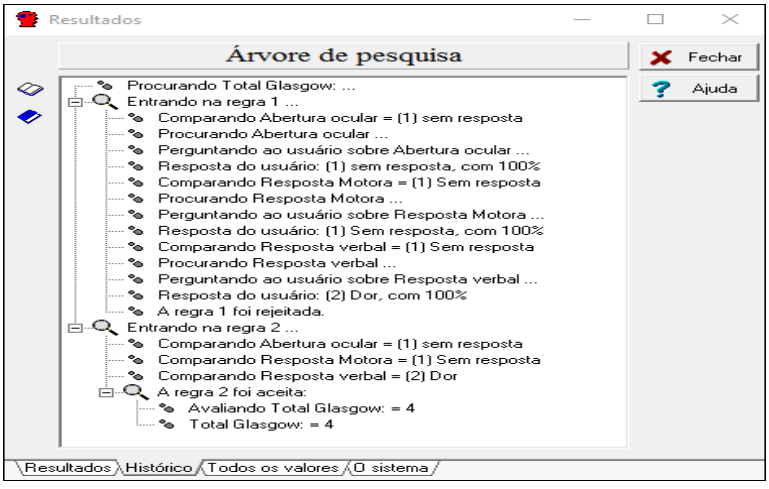


Figura 9 – Histórico da interface de resultado do SE para a escala de Glasgow

Uma vez inferidas as métricas das escalas de Braden e Glasgow no PEI, a próxima etapa é a inserção do diagnóstico, a partir de uma série de opções disponíveis no sistema (Figura 10), assim como de sugestões de prescrição e tratamento de enfermagem.

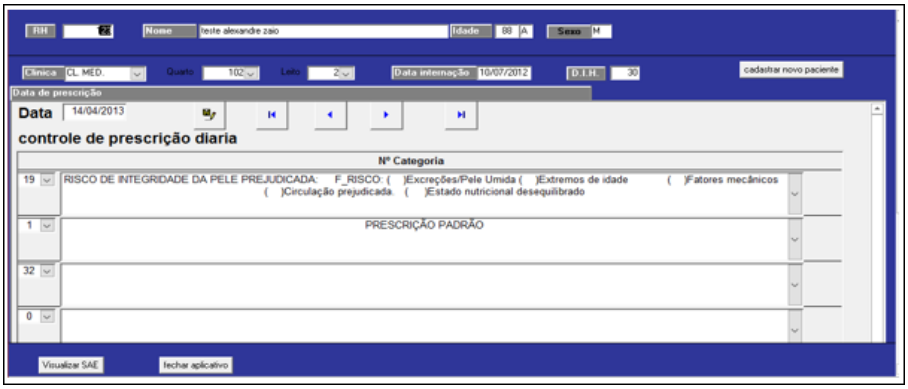


Figura 10 – Interface de prescrição de enfermagem

Aceitas as sugestões e realizadas as alterações necessárias, conforme decisão do enfermeiro, o sistema gera a prescrição de enfermagem (Figura 11).

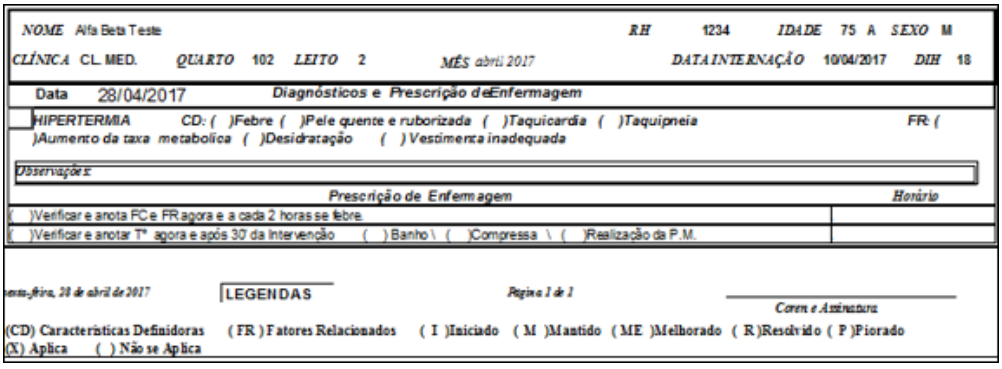


Figura 11 – Prescrição de enfermagem gerada pelo sistema

5. Discussão dos Resultados

Tanto o SE quanto o PEI foram implementados no hospital. Os resultados parciais obtidos são positivos, porém necessitam de maior tempo de análise e avaliação. Busca-se, então, os seguintes resultados: redução do tempo de aplicação do processo de enfermagem; padronização na avaliação, na prescrição, no atendimento e nos horários dos pacientes; facilidade na continuidade do tratamento do paciente, mesmo quando transferido para outra enfermaria; melhora na assertividade do enfermeiro especialista e na mensuração das escalas de Braden e Glasgow; possibilidade de acompanhamento e auditoria de

todo o processo pelos profissionais de enfermagem; validação e aprovação da base de conhecimento do SE pelos especialistas, tanto do hospital quanto dos contratados para consultoria externa.

6. Conclusão

A implementação do PEI normalizou todos os processos relativos à enfermagem em toda a instituição, inclusive no cadastro de caso, na forma de avaliação, na prestação de atendimento, nas prescrições e nos horários.

Assim, buscou-se a padronização do atendimento do hospital, facilitando a continuidade do tratamento do paciente, mesmo quando transferido para outra clínica. Baseando-se na redução no tempo de avaliação e prescrição do enfermeiro de 20 para 7 minutos, em média, constatou-se que o SE apresentou resultados positivos, que ainda devem ser avaliados.

Considera-se como limitação do trabalho a dificuldade de avaliar o desempenho do SE por meio de comparação com outros da literatura, já que um SE é criado para apoiar a tomada de decisão em domínio específico.

Referências

Alfaro-Lefevre, R. (2014). *Aplicação do Processo de Enfermagem*: Fundamentos para o raciocínio clínico. 8 ed. Porto Alegre: Artmed.

Amante, L. N., Rossetto, A. P., & Schneider, D. G. (2009). Sistematização da assistência de enfermagem em unidade de terapia intensiva sustentada pela teoria de Wanda Horta. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, *43*(1), 54-64.

Resolução COFEN-358 de 15 de outubro de 2009. Dispõe sobre a sistematização da assistência de enfermagem e a implementação do processo de enfermagem em ambientes, públicos ou privados, em que ocorre o cuidado profissional de enfermagem. brasília. Recuperado de: http://www.cofen. gov.br/resoluo-cofen-3582009_4384.html.

Costa, C. F. F. Filho; Camargo, A. Q. & Costa, M. G. F. (2005). Sistema baseado em conhecimento para suporte à atenção farmacêutica de pacientes portadores do vírus HIV, *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 21 (2-3), 131-142.

Dochterman, J. M., & Bulechek, G. M. (2008). Classificação das Intervenções de Enfermagem (NIC). 4a ed. Porto Alegre: Artmed.

Drable, R. G.; Mol, A. C. A.; & Legey, A. P. (2014). Avaliação do uso da lógica nebulosa para previsão de risco de Papiloma Vírus Humano. *RECIIS – Rev. Eletron. de Comun. Inf. Inov. Saúde*, 8(3), 344-358.

Esfandiari, N., Babavalian, M. R., Moghadam, A. E., & Tabar, V. K. (2014). Knowledge discovery in medicine: Current issue and future trend. *Expert Systems with Applications*. 41, 4434-4463. doi:10.1016/j.clinthera.2015.12.001.

Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo, 4. ed. São Paulo: Atlas.

Gomes, F. S. L., Bastos, M. A. R., Matozinhos, F. P., Temponi, H. R., & Velásquez-Meléndez, G. (2011). Avaliação de risco para úlcera por pressão em pacientes críticos. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, *45*(2), 313-318.

Horta, W. A. (2011). *Processo de Enfermagem*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Ibrahim, F., Taib, M. N., Sulaiman, S., & Abas, W. W. (2001). Dengue Fever (DF) and Dengue Haemorrhagic Fever (DHF) symptoms analysis from an expert system perspective. *IEEE International*, 212-215. doi: 10.1109/INMIC.2001.995339.

International Council of Nurses (ICN) (2007). *Classificação Internacional para a Prática de Enfermagem – CIPE versão 1.0*. São Paulo: Algol.

Johnson, M., Maas, M. L., Swanson, E., Moorhead, S., Butcher, H. K., & Bulecheck, G. (2012). *Ligações NANDA NOC e NIC*: condições clínicas, suporte ao raciocínio e assistência de qualidade. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier.

Lia, L. D. I. A. (1999). Expert SINTA: uma ferramenta para criação de sistemas especialistas. Universidade Federal do Ceará. Recuperado em: www. lia. ufc. br.

Luz, S. R., Lopacinski, A. C., Fraga, R. D., & Urban, C. D. A. (2010). Úlceras de Pressão. *Geriatria & Gerontologia*, *4*(1), 36-43.

Magoc, T.; & Magoc, D. (2011). Neural network to identify individuals at health risk. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2(2), 104-114. doi: 10.5121/ijaia.2011.2208

Meneghin, P.; & Lourenço, T. N. (1988). A Utilização da escala de BRADEN como instrumento para avaliar o risco de desenvolvimento de úlceras de pressão em pacientes de serviço de emergência. *Rev. Nursing,* 1(4), 13-19.

Miller, A.; Moon, B.; Anders, S.; Walden, R.; Brown, S. & Montella, D. (2015). Integrating computerized clinical decision support systems into clinical work: A meta-synthesis of qualitative. *International Journal of Medical Informatics*, 84(12), 1009-1018.

Moorhead, M., Johnson, M., Maas, M. L., & Swanson, E. (2015). *NOC Classificação dos Resultados de Enfermagem,* 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

Nogueira, H. I. S. (2015). *Os sistemas de apoio à decisão na área dos cuidados primários*: implementação de um sistema de apoio à decisão numa unidade de saúde familiar *(Dissertação de mestrado),* Mestrado em Informação Empresarial, Instituto Politécnico do Porto, Portugal.

Palomares, M. L. E., & Marques, I. R. (2010). Contribuições dos sistemas computacionais na implantação da sistematização da assistência de enfermagem. *Journal of Health Informatics*, *2*(3), 78-82.

Peek, N., Combi, C., Marin, R., & Bellazzi, R. (2015). Thirty years of artificial intelligence in medicine (AIME) conferences: A review of research themes. *Artificial Intelligence in Medicine,* 65, 61-73. doi:10.1016/j.artmed.2015.07.003

Pereira, M. A., Schaefer, M. B., & Marques, J. L. B. (2004). Remote expert system of support the prostate cancer diagnosis. *Engineering in Medicine and Biology Society, 26th Annual International Conference of the IEEE,* 2, 3412-3415).

Ramalho, J. M, Neto, Fontes, W. D., & Nóbrega, M. M. L. (2013). Instrumento de coleta de dados de enfermagem em Unidade de Terapia Intensiva Geral. *Revista Brasileira de Enfermagem*, *66*(4), 535-542.

Rezende, S. O.; Pugliesi, J. B.; Varejão, F. M. (2003). *Sistemas Baseados em Conhecimento***.** 1 ed. Barueri: Manole Ltda.

Serpa, L. F., Gouveia Santos, V. L. C., Campanili, T. C. G. F., & Queiroz, M. (2011). Validade preditiva da escala de Braden para o risco de desenvolvimento de úlcera por pressão, em pacientes críticos. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, *19*(1), 50-57.

Shortliffe, E. H. (2012). *Computer-based medical consultations: MYCIN* 2ª ed. Elsevier, New York, USA.

Silva, E. W. D. N. L., Araújo, R. A. D., Oliveira, E. C. D., & Falcão, V. T. F. L. (2010). Applicability of the prevention protocol of pressure ulcers in intensive care unit. *Revista Brasileira de terapia intensiva*, *22*(2), 175-185.

Spirandelli, L. P., Santos, G. H., Rodrigues, L., & Bandos, M. F. C. (2011). Sistemas especialistas: um estudo de caso com o expert sinta. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e de Gestão Tecnológica*, *1*(1), 1-16.

Teasdale, G., & Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness: a practical scale. *The Lancet*, *304*(7872), 81-84.

Teasdale, G. M., & Murray, L. (2000). Revisiting the Glasgow coma scale and coma score. Intensive Care Med, 26: 153- 154. doi:10.1007/s001340050037

Wagner, W. P. Trends in Expert System Development: A Longitudinal Content Analysis of Over Thirty Years of Expert System Case Studies. Expert Systems With Applications, 76, 85-96, 2017. doi: 10.1016/j.eswa.2017.01.028.

Weiss, S. M. & Kukikowski, C, A (1988). *Guia prático para projetar sistemas especialistas*. Rio de Janeiro, Brasil, LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/09/2020
Aceitação/Acceptance: 30/11/2020

Monitorização Integrada do Risco no Sistema de Gestão da Qualidade

Jorge Silvério[1], Gabriel Pestana[2]

jmfazenda@hotmail.com; gabriel.pestana@universidadeeuropeia.pt

[1 2] Universidade Europeia, Quinta do Bom Nome, Estrada da Correia, nº 53, 1500-210, Lisboa, Portugal

Pages: 57-69

Resumo: A transformação digital permitiu às empresas disporem de vantagens competitivas face a grandes players instalados. Todavia, conduziu a uma maior exposição a novas ameaças e à necessidade de uma monitorização integrada dos riscos. Abordagem particularmente relevante quando a certificação do Sistema de Gestão da Qualidade pela ISO 9001:2015 exige explicitamente a integração da Gestão de Risco (GR) nos processos de negócio das empresas. O artigo explora esta abordagem diferenciadora, todavia pouco enraizada no tecido empresarial Português. Realizou-se uma pesquisa bibliográfica para a análise sistemática de artigos científicos publicados na base de dados B-on. O estudo conclui que, embora pouco explorado, o tema é emergente e de interesse junto da comunidade científica. O carácter exploratório desta investigação alerta para a necessidade de as empresas utilizarem processos de monitorização integrada do risco no planeamento e operação do negócio. O artigo apresenta o modelo da Matriz de Monitorização Integrada do Risco (MMIR) desenvolvido de acordo com a ISO 31000 de GR.

Palavras Chave: Gestão do risco; ISO 31000; Matriz de risco; contexto-awareness; KRI.

Integrated Risk Monitoring in the Quality Management System

Abstract: The digital transformation has allows companies to have competitive advantages compared to large installed players. However, it has led to greater exposure to new threats and the need for integrated risk monitoring. This approach has particular significance when the quality management system certification of the ISO 9001:2015 requires the integration of risk management (GR) into the company's business processes. The article explores this differentiating approach, however not very rooted in the Portuguese business fabric. A bibliographic search was carried out for the systematic analysis of scientific articles published in the B-on database. The study concludes that, although little explored, the theme is emerging and of interest to the scientific community. The exploratory nature of this investigation contributes to alert about the need for companies to use of integrated risk monitoring processes in business planning and operation. The article presents the model of the Integrated Risk Monitoring Matrix (MMIR) developed according to ISO 31000 of GR.

Keywords: Risk management; ISO 31000; Risk matrix; context-awareness; KRI.

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema e sua relevância

A crescente procura das empresas por informação objetiva que permita alertar e tratar em tempo real os riscos do negócio, aliada à necessidade de antecipar as expectativas dos clientes, assume particular relevância com a atual tendência de digitalização dos modelos de negócio. Todavia, esta transformação digital implica alterações na estrutura das empresas, bem como nos processos e modo de monitorizar as diferentes tipologias de risco existentes. As categorias típicas de risco incluem riscos estratégicos, operacionais, financeiros e riscos de compliance (COSO, 2020) ou de conformidade com os requisitos do SGQ.

No entanto, a adoção de estratégias assentes em instrumentos de monitorização integrada dos riscos é ainda uma abordagem incipiente e pouco enraizada na cultura empresarial portuguesa, composta 99% por pequenas e médias empresas (PME). Em Portugal, menos de 1% do total das PME (i.e., aprox. 5,8 mil de 1,3 milhões PME existentes no país) são empresas certificadas pela norma ISO 9001:2015 (INE, 2020) (IPAC, 2020). Dados que evidenciam a falta de uma cultura e consciência sobre o benefício de dispor de processos para uma monitorização integrada do risco ao nível do planeamento e sobretudo na operação do negócio. Neste domínio, a norma ISO 9001:2015 é importante porque estabelece requisitos para planear, operacionalizar, avaliar e melhorar o SGQ, permitindo às empresas compreender o seu contexto e analisar os riscos subjacentes aos seus processos de negócio (ISO, 2015). Todavia, da perspetiva da GR, nomeadamente ao nível de processos para uma monitorização integrada do risco, a norma ISO 9001:2015 é insuficiente. Na própria norma ISO 9001:2015 existe o reconhecimento sobre a necessidade de complementar a norma com metodologias de GR mais especificas, como a norma ISO 31000. Em termos globais, atualmente, cerca de 878.664 empresas têm a certificação ISO 9001:2015, existindo a consciência sobre a relevância das diretrizes de GR expressas na ISO 31000 (Rampini, Takia & Berssaneti, 2019). Na prática, o processo de certificação na norma ISO 9001:2015 exige explicitamente que a empresa integre a GR nos seus processos de negócio. Neste procedimento de certificação, o conceito "ações preventivas" previsto na edição de 2008, foi substituído pelo conceito de "pensamento baseado em risco" na edição de 2015. Face ao exposto, estamos convictos que na atual era digital, onde muitos dos produtos e serviços das empresas são disponibilizados online, a adoção de instrumentos de monitorização integrada dos riscos assente nas diretrizes da norma ISO 31000 contribui para identificar debilidades patentes no SGQ implementado pela maioria das PMEs em Portugal. Embora a literatura sobre GR e ISO 9001 seja extensa, a publicação de artigos que relacionem diretamente os dois temas é ainda incipiente, trata-se de um tema emergente que tem vindo a suscitar o interesse da comunidade científica, sobretudo pelos seguintes argumentos:

1. A integração da GR no SGQ permite identificar, avaliar e priorizar os riscos dos processos de negócio das empresas. A priorização dos riscos é alcançada através do uso de critérios de risco, ou seja, escalas de significância pré-determinadas que

permitem estabelecer quais os níveis de tolerância ao risco (Fraser & Simkins, 2016). Os critérios de risco definem os termos de referência em relação aos quais a significância de um risco é avaliada (ISO, 2018). A utilização de indicadores de risco (Key Risk Indicators – KRI) permite às empresas disporem de métricas de avaliação objetiva do nível de risco nos processos de negócio. Os KRI fornecem alertas sobre a probabilidade de futuras situações de risco, ou seja, permitem alertar os decisores sobre a evolução do risco ao longo do tempo (Fraser & Simkins, 2016).

2. Existe nas empresas uma preocupação crescente por mecanismos que lhes permitam efetuar uma GR com maior regularidade. Por outro lado, o interesse académico na pesquisa sobre GR aumentou nos últimos anos (Rampini et al, 2019). A GR é cada vez mais vista como um meio de aumentar a probabilidade de sucesso no processo de desenvolvimento de produtos (Olechowski, Oehmen, Seering & Ben-Daya, 2016). Neste domínio, a norma ISO 31000 é considerada a norma de referência na GR (Rampini et al, 2019).
3. A adoção de uma cultura empresarial de GR é um dos critérios para as empresas poderem obter a certificação pela norma ISO 9001:2015. A norma ISO 9001 certifica o SGQ e define os requisitos para a sua implantação. Funciona como um instrumento para ajudar o gestor a identificar e corrigir ineficiências nos processos da empresa. Além disso, a ISO 9001 é uma forma de documentar a cultura da empresa, permitindo que o negócio cresça, mantendo a qualidade dos produtos e serviços disponibilizados (ISO, 2015).

1.2. O modelo da Matriz de Monitorização Integrada do Risco

O artigo apresenta um novo modelo desenvolvido em conformidade com as diretrizes da norma ISO 31000:2018, com o objetivo de contribuir para mitigar os riscos do SGQ. A Figura 1 apresenta uma visão geral do fluxo de informação definido pelo modelo MMIR. De forma sucinta o modelo proposto consiste numa framework de GR que permite obter, em tempo real, uma visão global e continua dos riscos dos processos do SGQ.

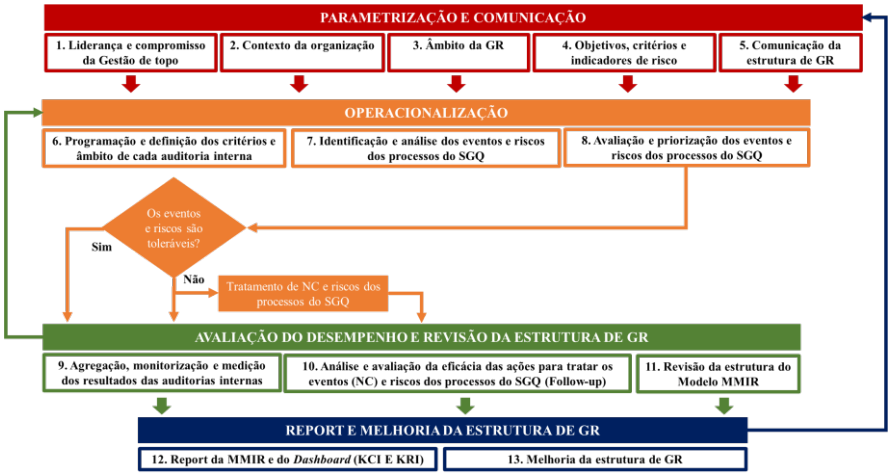


Figura 1 – Estrutura do Modelo MMIR

O modelo MMIR está estruturado em quatro fases: i) Parametrização e comunicação; ii) Operacionalização; iii) Avaliação do desempenho e revisão; iv) Report e melhoria:

i. Parametrização e comunicação da estrutura de GR: consiste na definição e comunicação da estrutura dos dados e informação necessária para assegurar o mecanismo de construção e de navegação da MMIR. A parametrização da estrutura de GR inicia-se com um entendimento do contexto da empresa, utilizando-se listas padronizadas de fatores de risco e de riscos. Embora não exista uma classificação universal de fatores de risco que satisfaçam todas as empresas (FERMA, 2020), o modelo MMIR propõe uma classificação dividida em fatores de risco externos e internos. Um fator/fonte de risco é o "elemento que, por si só ou em combinação com outros, tem o potencial intrínseco de originar um risco." (ISO, 2009). A presença de um fator de risco não é obrigação da ocorrência de um evento. Os fatores de risco externos podem ser: legais, políticos, económicos e financeiros, concorrenciais, socioculturais, tecnológicos, ambientais, demográficos. Os fatores de risco internos podem incluir: cultura da empresa, satisfação dos clientes, estratégias empresariais, estrutura organizacional, recursos (financeiros, humanos, infraestruturas e equipamento) e gestão do conhecimento (normas e modelos de referência). Muitas empresas mantêm um inventário dos riscos que enfrentam, que fornece categorias comuns e definições padrão através das quais os riscos podem ser analisados. Um inventário de riscos pode incluir uma descrição do impacto de cada risco e ações de mitigação (COSO, 2020). A lista de riscos adotada no modelo MMIR (Tabela 1) segue as categorias e alguns tipos de risco definidos pelo Committee of Sponsoring Organisations of the Treadway Commission (COSO): i) Riscos estratégicos (RE); ii) Riscos operacionais (RO); iii) Riscos financeiros (RF); iv) Riscos de compliance ou de conformidade (RC):

Risco	Descrição do risco	Categoria do risco
RE1	Risco de governação corporativa	RE
RE2	Risco de planeamento estratégico	RE
RE3	Risco de imagem	RE
RE4	Risco de concorrência	RE
RE5	Risco de comunicação	RE
RO1	Risco de continuidade de negócio	RO
RO2	Risco de I&D de produtos e serviços	RO
RO3	Risco de controlo de fornecedores externos	RO
RO4	Risco de produção e prestação do serviço	RO
RO5	Risco de qualidade do produto e serviço	RO
RO6	Risco de marketing	RO
RO7	Risco de ambiente	RO
RO8	Risco de recursos humanos	RO
RO9	Risco de infraestruturas	RO

Risco	Descrição do risco	Categoria do risco
RO10	Risco de investimento em TI	RO
RO11	Risco de Cybersecurity	RO
RO12	Risco de pandemia	RO
RF1	Risco de gestão de tesouraria	RF
RF2	Risco de crédito	RF
RF3	Risco de perdas/penalidades financeiras	RF
RC1	Risco de controlo interno	RC
RC2	Risco legal/regulamentar	RC
RC3	Risco de fraude/suborno	RC
RC4	Risco de conflito de interesses	RC
RC5	Risco de gestão e proteção da propriedade intelectual	RC
RC6	Risco de saúde e segurança	RC

Tabela 1 – Lista de riscos adotada no Modelo MMIR

A utilização de listas padronizadas de fatores de risco e de riscos facilita a construção da matriz SWOT da empresa. Esta ferramenta permite identificar logo na fase da compreensão do contexto da empresa, os riscos subjacentes aos seus processos de negócio. Seguidamente definem-se quais os produtos e serviços e correspondentes processos que estão incluídos no âmbito de aplicação da GR. Para assegurar uma eficaz gestão e priorização dos riscos do SGQ, o modelo da MMIR define objetivos, critérios (metas) e indicadores de risco (KRI e Key Control Indicators - KCI) (Tabela 2). Os KCI alertam sobre a quantidade e significância das NC do SGQ. Alertam também sobre a eficácia das medidas para corrigir as NC. O KRI alerta sobre a significância dos riscos resultantes da existência de NC no SGQ.

Indicador	Descrição do indicador	Tipo
1	Quantidade de NC do SGQ	KCI
2	Percentagem de NC corrigidas	KCI
3	Significância dos riscos do SGQ	KRI

Tabela 2 – Indicadores do Modelo MMIR

ii. Operacionalização: compreende a programação e definição dos critérios e âmbito de cada auditoria interna, e a respetiva execução, através das etapas de identificação, análise, avaliação e priorização dos riscos, previstas na ISO 31000:2018. A identificação dos riscos visa determinar os potenciais eventos e riscos específicos de cada processo do SGQ que podem ter impacto negativo nas operações e negócios da empresa, e os pontos de monitorização necessários ao seu controlo (COSO, 2020) (ISO, 2015). Um evento pode consistir numa ou

mais ocorrências, ter várias causas e levar a um conjunto de consequências. Pode existir um evento sem consequências (ISO, 2009). A identificação dos potenciais eventos e riscos é efetuada com recurso ao mapeamento dos processos do SGQ através da técnica do fluxograma. A análise dos riscos envolve a apreciação dos eventos e consequentes riscos ao nível das suas consequências negativas e da sua frequência. A frequência consiste no número de eventos por unidade de tempo. Pode ser aplicada a eventos passados ou a potenciais eventos futuros, usando-se uma medida de probabilidade (ISO, 2009). A avaliação e priorização dos riscos visa avaliar a gravidade/significância dos eventos, riscos e risco global de um processo do SGQ, através da comparação com as métricas (i.e., Thersholds) estabelecidas nos critérios de risco. A significância de um evento resulta do produto do nível da sua consequência e do nível da sua frequência/probabilidade de ocorrer. De acordo com o modelo MMIR, um evento cuja significância esteja igual ou acima dos níveis de tolerância do risco é considerado uma não conformidade (NC) do SGQ. De acordo com a norma ISO 9000 que define os conceitos e princípios que suportam a norma ISO 9001, NC é a não satisfação de um requisito do SGQ. A significância de um risco resulta da média aritmética simples das significâncias dos eventos associados. A significância do risco global de um processo do SGQ resulta da média aritmética simples das significâncias dos riscos analisados. A avaliação dos riscos permite a priorização dos eventos e riscos do SGQ, como base de seleção de respostas ao seu tratamento (COSO, 2020).

iii. Avaliação do desempenho e revisão da estrutura de GR: os dados de cada auditoria interna sobre a avaliação dos eventos e riscos dos processos do SGQ são registados e agregados numa única tabela, da qual resulta uma única matriz de risco do SGQ, a MMIR, bem como o Dashboard com os KCI e KRI. Desta forma conseguimos monitorizar, medir, analisar e alertar sobre as significâncias mais elevadas dos eventos e riscos do SGQ. Com base na análise realizada, é efetuada a avaliação e revisão dos riscos, que visa reapreciar ciclicamente, através de follow-up´s, as novas significâncias dos eventos e riscos mais relevantes de cada processo do SGQ resultantes dos tratamentos efetuados, e determinar a sua tolerabilidade face aos critérios do risco predefinidos, de modo a decidir sobre a necessidade de tratamento suplementar (ISO, 2018).

iv. iv) Report e melhoria da estrutura de GR: visa reportar os eventos e riscos do SGQ através dos mecanismos de navegação da MMIR e dos KCI e KRI estabelecidos. Inclui a partilha com as partes interessadas relevantes da organização, dos outputs finais do Modelo MMIR, designadamente da MMIR e do Dashboard com KCI e KRI. Nesta fase, são considerados os resultados da revisão pela gestão, da estrutura do Modelo MMIR, para determinar se há necessidades ou oportunidades que devem ser tratadas no contexto da melhoria contínua (ISO, 2015).

1.3. Objetivos e questões de investigação

Na pesquisa bibliográfica adotou-se o método Systematic Literature Review (SLR). Procedeu-se a uma análise descritiva e de conteúdo de artigos científicos selecionados na base de dados B-on (www.b-on.pt). Os critérios de seleção considerados foram:

artigos em inglês com um DOI, publicados entre 2015 a 2020 em revistas científicas de gestão (journals Q1 ou Q2) indexadas pela SCImago/Scopus e em conferências indexadas na Scopus/WoS. O critério para publicações a partir de 2015 tem a ver com o ano de publicação da norma ISO 9001:2015. O objetivo desta pesquisa foi o de confirmar a perceção de que as empresas ainda não estão sensibilizadas para o benefício de uma cultura assente na GR como forma de diferenciação e melhoria da sua competitividade.

Neste contexto, procedeu-se a uma caracterização do perfil das empresas certificadas em Portugal pela ISO 9001:2015. Procurou-se apurar a perceção das empresas sobre a importância de disporem de um mecanismo formal de GR e à motivação para disporem de um SGQ certificado. Foi elaborado um inquérito para averiguar a aplicabilidade no tecido empresarial Português do modelo MMIR. O inquérito procura identificar eventuais limitações que as empresas possam sentir na monitorização do risco quando aplicado/integrado no SGQ. Atendendo a estes objetivos, a Tabela 3 apresenta as Questões de investigação (QI) formuladas:

QI	Descrição da QI
QI1	Quais os critérios para a decisão de certificar o SGQ segundo a norma ISO 9001:2015?
QI2	Quais as principais limitações sentidas na certificação do SGQ segundo a norma ISO 9001:2015?
QI3	Existe relação entre a tomada de decisão baseada em evidências e a aptidão para monitorizar os riscos do SGQ?
QI4	A tomada de decisão baseada em evidências e a aptidão para monitorizar os riscos do SGQ influenciam a integração da GR no SGQ?
QI5	O modelo MMIR é útil para integrar a GR no SGQ?

Tabela 3 – Questões de Investigação

Para responder a estas questões, foi realizado um estudo quantitativo de cariz exploratório (questionário online). O questionário foi enviado a um universo de 2018 empresas certificadas em Portugal pela norma ISO 9001:2015.

O artigo está estruturado em quatro seções. Na seção 2 apresenta-se uma breve revisão da literatura sobre a temática da GR. Na seção 3 descreve-se os métodos utilizados na pesquisa, recolha e análise dos dados recolhidos. Na seção 4 apresenta-se os resultados da análise descritiva e discute-se as suas principais descobertas. A seção 5 apresenta conclusões e sugestões para trabalho futuro.

2. Revisão da literatura

2.1. Risco

O conceito de risco foi introduzido por Frank Knight, em 1921, como uma probabilidade de algo acontecer que é mensurável, ou seja, que pode ser quantificada através da definição de um nível aceitável de confiança. O conceito de risco é posteriormente definido pela International Organization for Standardization (ISO) como o efeito da

incerteza na consecução dos objetivos da empresa (ISO, 2009) (ISO, 2018). Qualquer incerteza pode ter efeitos negativos ou positivos (Ibáñez, Bernal, Chávez de Diego, & Sánchez, 2016). O risco pode ser entendido como a possibilidade de um evento ocorrer e afetar negativamente a consecução dos objetivos de uma empresa (COSO, 2020). O risco pode ser expresso através da combinação das consequências de um evento com a sua probabilidade de ocorrência (ISO, 2015).

2.2. Gestão do Risco

Para que as empresas possam gerir o risco, de um modo proactivo, e compreender as interações e interdependências entre eles, é necessária uma GR adequada (Shad, Lai, Fatt, Klemes & Bokhari, 2019). A GR consiste num processo (continuo) para ajudar a empresa na GR (Kiba-Janiak, 2016). A GR é o conjunto de atividades coordenadas para direcionar e controlar uma empresa em relação ao risco (ISO, 2018), em todas as suas formas. Uma efetiva GR deverá contemplar ações que permitam aos decisores analisar a eficácia das medidas para tratar os eventos de risco (Fraser & Simkins, 2016). A importância da GR reflete-se em múltiplos standards e frameworks desenvolvidos por várias instituições para a implementação de abordagens integradas de GR, nomeadamente: i) COSO - Enterprise Risk Management Integrated Framework; ii) Federation of European Risk Management Associations (FERMA) - Risk Management Standard; iii) ISO 31000 - Risk Management e Principles and Guidelines. A norma ISO 31000 é hoje um dos standards de GR com maior reconhecimento global. Representa uma ferramenta poderosa para qualquer empresa empenhada em implementar e melhorar o seu processo de GR. Este processo facilita a tomada de decisões relacionadas com a incerteza e possibilidade de eventos de risco futuros e do seu impacto nos objetivos das empresas. Fornece políticas, procedimentos e diretrizes para a integração da GR em todos os níveis da empresa (Ibáñez et al, 2016). A GR pode funcionar como um mecanismo para estruturar e fundamentar o processo de tomada de decisões com base em critérios mensuráveis. A norma ISO 31000 apresenta uma subnorma que é a ISO 31010 sobre técnicas de GR (ISO, 2016), onde se inclui a matriz de risco, designada de matriz consequência / probabilidade. A matriz de risco é uma técnica de análise qualitativa do risco, utilizada na avaliação, monitorização e comunicação de riscos em diferentes áreas de negócio devido à sua simplicidade e natureza intuitiva (Bao, Li & Wu, 2016) (Li, Bao & Wu, 2018). A sua adoção permite compreender a evolução do risco ao longo do tempo, comunicar o nível de risco, comparar diferentes riscos, identificar o risco mais relevante e avaliar a eficácia das estratégias de mitigação do risco. Contudo, apenas medem ou classificam diferentes riscos individuais, em vez de agregá-los (MacKenzie, 2014). A agregação de risco consiste em integrar riscos individuais num risco global de forma a disponibilizar aos decisores uma visão integrada do risco (Duijm, 2020).

3. Método de pesquisa

3.1. Systematic Literature Review

Os critérios de pesquisa incidiram sobre dois temas: ISO 9001:2015 e GR. O segundo tema foi desagregado nos seguintes tópicos: ISO 31000 e matrizes de risco. O período selecionado foi de 2015 a 2020, ou seja, desde a data de início da ISO 9001:2015 até ao

presente. Foram selecionados na base de dados B-on (através da pesquisa por Booleana/ Frase) artigos científicos: em inglês; analisados por Pares; com DOI; texto integral; citados e publicados em revistas científicas de gestão (journals) Q1 ou Q2 indexadas pela SCImago/ Scopus e em conferências indexadas na Scopus/WoS. A Tabela 4 evidencia a sequência de execução das três pesquisas realizadas em maio de 2020, com o objetivo de refinar gradualmente os respetivos critérios. Apesar dos 2152 estudos obtidos da Fase I, verificou-se um desvio significativo destes artigos face à especificidade do tema. Assim, surgiu a necessidade de aplicarmos um novo critério de pesquisa (Fase II), que resultou em 594 resultados. De forma a refinar os critérios de pesquisa face aos objetivos preconizados neste artigo, aplicamos um novo critério de pesquisa (Fase III), do qual resultou um total de 309 artigos.

Fases	Cadeias de pesquisa	Resultados
I	ABS (“ISO 9001:2015” AND “Risk Based Thinking” OR “ISO 31000” OR “Risk Matrix”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “Journal” AND “Conferences and Proceedings”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”))	2152
II	TITLE-KEY (“ISO 9001:2015” AND “Risk Based Thinking” OR “ISO 31000” OR “Risk Matrix”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “Journal” AND “Conferences and Proceedings”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”))	594
III	TITLE-KEY (“ISO 9001:2015” AND “Risk Based Thinking” OR “ISO 31000” OR “Risk Matrix”) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2015) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “Journal” AND “Conferences and Proceedings”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”))	309

Tabela 4 – Sequência de pesquisas na B-on

Dos 309 artigos científicos resultantes da Fase III, procedeu-se a um novo refinamento de forma a selecionar artigos que analisam o impacto da ISO 31000 e de matrizes de risco na forma com a GR é integrada no SGQ (ISO 9001:2015). No final identificamos que apenas 58 artigos abordam aspetos considerados relevantes para o âmbito deste artigo. O passo seguinte consistiu em analisar esses 58 artigos, e extrair nomeadamente os seguintes dados: título do artigo; tema ou tópico do artigo; tipo de publicação; DOI; autor; ano publicação; revista científica, país, área temática, editora e quartile; número de citações no Google Scholar e lista de palavras chave (keywords) usadas. Através de tabelas dinâmicas procedeu-se a uma análise descritiva para identificar os tópicos mais abordados, a evolução do número de publicações, as revistas científicas e autores interessados no tema objeto de estudo. Seguidamente, foi realizada uma análise de conteúdo aos 58 artigos. O objetivo foi identificar os conceitos e modelos teóricos abordados. Procurou-se ainda identificar as metodologias de investigação adotadas. Neste SLR procurou-se de forma sistemática identificar artigos que pudessem dar contributos para responder às QI formuladas. Foi desenvolvido o seguinte modelo conceptual de pesquisa (Figura 2).

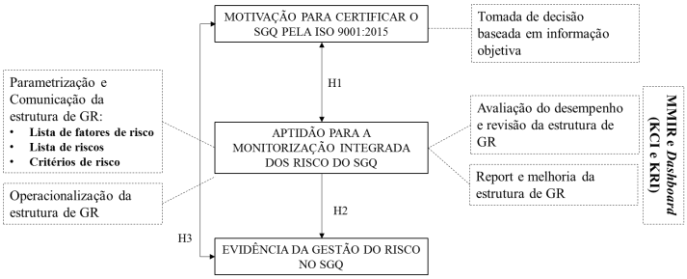


Figura 2 – Modelo conceptual de pesquisa

O modelo relaciona a tomada de decisão baseada em evidências com a aptidão para monitorizar os riscos do SGQ, e como ambas contribuem para evidenciar a GR no SGQ.

3.2. Metodologia de investigação

A natureza das QI e o facto de serem pouco exploradas levou-nos a adotar uma metodologia de investigação exploratória. Através da pesquisa exploratória pretende-se analisar as teorias ou conceitos existentes passiveis de serem aplicados ao problema ou identificar tendências que possam corroborar ou complementar a abordagem preconizada. Em termos de controlo, optou-se pelo estudo de caso. Este método é aconselhado quando se pretende analisar acontecimentos e fenómenos contemporâneos e atuais no seu contexto real. O contexto da investigação é laboratorial (Laboratory) e em termos de análise temporal é Cross-sectional (State). No que respeita à recolha de dados, o estudo foi efetuado através de um questionário online, enviado por correio eletrónico para uma amostra de 2018 (35%) das 5827 empresas certificadas em Portugal pela norma ISO 9001:2015 (IPAC, 2020). Os contactos de email foram obtidos a partir da consulta aos sites das empresas. O questionário foi elaborado no Google Forms com questões de resposta fechada, na sua maioria assentes em escalas de Likert de 1 a 5, agrupadas de acordo com as seguintes dimensões (Tabela 5):

Dimensão	Descrição
1	Motivações, standards e abordagens de GR
2	Planeamento do modelo MMIR.
3	Operacionalização, avaliação e monitorização do modelo MMIR.
4	Caracterização genérica da empresa.

Tabela 5 – Estrutura/dimensões do questionário

Na recolha de dados, para obter um maior número de respostas, o questionário foi endereçado em tranches diárias até ao limite máximo de 100 emails por dia, entre 06/04/2020 e 27/05/2020. Este procedimento é justificado não só para evitar a acumulação de pedidos sem qualquer feedback, como pelo esforço diário na pesquisa

dos contactos no site das empresas. Assim, foi possível evitar custos com a aquisição de bases de dados com contactos das empresas. Numa segunda fase da recolha de dados, decorridos 4 a 8 dias após o pedido inicial, reiterou-se o pedido de preenchimento do questionário através do envio por correio eletrónico de um texto personalizado. Procedimento aplicado às 2018 empresas que constituem a amostra. Na terceira e última fase da recolha de dados, decorridos novamente 4 a 8 dias após a reiteração do pedido de preenchimento do questionário, foram realizados 249 contactos telefónicos. Os contactos foram obtidos também a partir da consulta dos sites das empresas. Apesar das condicionantes provocadas pela pandemia do COVID-19, o processo de recolha de dados, até a data do fecho de receção de respostas (04/06/2020), resultou em 139 questionários preenchidos.

4. Análise dos resultados

A análise descritiva sobre a distribuição dos 58 artigos que constituem a amostra permite identificar: os temas mais abordados; as fontes mais relevantes; a evolução do número de publicações. A amostra é composta por 42 (72%) artigos de revistas científicas Q1 e 9 (16%) de Q2. Como exceção aos critérios de inclusão/exclusão, a amostra inclui 2 (3%) artigos de revistas científicas Q3. Os restantes 5 artigos da amostra foram publicados em conferências indexadas na Scopus/WoS. A primeira constatação é que 41 (71%) artigos referem-se ao tema "matrizes de risco", 8 (14%) ao tema "ISO 9001:2015", 7 (12%) ao tema "ISO 31000", e apenas 2 (3%) estão relacionados especificamente com as QI. Os 41 artigos referentes ao tema "matrizes de risco" foram publicados em 28 fontes distintas. As revistas científicas Safety Science e Journal of Loss Prevention in the Process Industries são as principais fontes de artigos. Ambas publicaram 5 artigos sobre o tema "matrizes de risco", revelando uma tendência crescente de publicações sobre o assunto. O tema especifico da investigação, sobre o impacto do uso de matrizes de risco na forma de monitorizar a aplicação da GR no SGQ (ISO 9001:2015) foi parcialmente abordado, em 3% dos artigos do universo amostral, designadamente em outras fontes como a Computer Standards & Interfaces e a 2017 International Conference "Quality Management,Transport and Information Security, Information Technologies". Outro dado importante é que as "matrizes de risco" é um tema amplamente abordado nas publicações mais recentes. A análise do número de publicações entre janeiro de 2015 e maio de 2020, revela que entre 2015 e 2018 o número de publicações sobre "matrizes de risco" quase que duplicou, o que demonstra o interesse da comunidade científica sobre este tema. Relativamente às QI, apesar da sua especificidade, foi possível identificar dois artigos (um de 2017 e outro de 2018) que abordam questões análogas. Esperava-se que após 2015, com a publicação da ISO 9001:2015 (onde passou a haver uma explicitação do pensamento baseado no risco no SGQ) existisse um aumento significativo no número de publicações sobre a aplicabilidade da GR no SGQ (ISO 9001:2015). Verificou-se apenas, entre 2016 e 2017, um aumento de publicações sobre a ISO 9001:2015. Este crescimento não teve continuidade nos anos seguintes, o que pode ser justificado pela especificidade do tema e pelo facto da adoção de estratégias assentes numa cultura de GR ser ainda uma abordagem incipiente e pouco enraizada na cultura empresarial.

5. Conclusões e Trabalho Futuro

A digitalização dos modelos de negócio tem conduzido a um aumento da competitividade das empresas. Em contrapartida, têm surgido novas ameaças que reforçam a necessidade de uma monitorização integrada dos riscos. Esta abordagem é particular relevante, quando se trata da certificação do SGQ pela ISO 9001:2015, que exige explicitamente a integração da GR nos processos de negócio das empresas. Trata-se de uma abordagem diferenciadora, todavia pouco consolidada no tecido empresarial Português. Para estudar esta problemática procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de realizar uma análise descritiva e de conteúdo de artigos científicos selecionados na base de dados B-on (www.b-on.pt). O estudo conclui que o tema é ainda pouco explorado pela comunidade científica. Os resultados permitem concluir que a maioria (71%) dos artigos pesquisados referem-se essencialmente ao tema "matrizes de risco" e apenas 3% dos artigos relacionam diretamente a GR e a utilização de mecanismos de monitorização integrada dos riscos com o SGQ (ISO 9001:2015). As QI presentes neste artigo são ainda pouco exploradas, contudo o interesse do tema é pertinente, com uma espectável tendência de aumento no número de publicações, uma vez que a certificação na ISO 9001:2015 exige explicitamente a integração da GR nos processos de negócio das empresas. A nossa expectativa é que nos próximos 4 meses se possa inferir, pela pesquisa em outras bibliotecas online (para além da b-On) que o número de publicações sobre o uso de modelos de GR no SGQ tem uma maior expressividade. A realização dos inquéritos a empresas em Portugal permitiu inferir que ainda não existe uma sensibilização para o benefício de uma cultura de GR, assente em mecanismos formais de monitorização integrada dos riscos do SGQ, como forma de diferenciação e melhoria da sua competitividade. Ainda assim, o carácter exploratório desta investigação contribui para alertar sobre a necessidade de as empresas disporem de processos de monitorização integrada do risco ao nível do planeamento e operação do negócio. O artigo apresenta o modelo da MMIR desenvolvido com base na ISO 31000. Em termos de trabalho futuro pretendemos: i) desenvolver com maior detalhe os resultados dos inquéritos realizados de modo a inferir as motivações/benefícios e eventuais limitações associados à aplicação de mecanismos de monitorização de situações de risco no SGQ; ii) apresentar uma explicação detalhada da framework de aplicação do modelo MMIR; iii) testar e validar empiricamente a estrutura conceitual proposta para o modelo da MMIR em diferentes empresas em Portugal, certificadas ou com intenções de se certificarem na norma ISO 9001:2015. Isto poderá contribuir para generalizar a estrutura e esclarecer o impacto da implementação do modelo da MMIR no valor da empresa, a fim de se constituir uma vantagem competitiva.

Referências

Bao, C., Li, J., and Wu, D. (2016). A fuzzy mapping framework for risk aggregation based on risk matrices. Journal of Risk Research. http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2016.1223161

COSO (2020). COSO. https://www.coso.org

Duijm, N. J. (2020). Recommendations on the use and design of risk matrices. Safety Science. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.014

FERMA (2020). FERMA. https://www.ferma.eu

Fraser, J. and Simkins, B. J. (2016). The challenges of and solutions for implementing enterprise risk management. Business Horizons 1317. http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2016.06.007

Ibáñez, A. J., Bernal, J. M., Chávez de Diego, M. J. and Sánchez, F. J. (2016). Expert system for predicting buildings service life under ISO 31000 standard. Application in architectural heritage. Journal of Cultural Heritage. http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2015.10.006

INE (2020). Instituto Nacional de Estatística. https://www.ine.pt

IPAC (2020). Instituto Português da Acreditação. http://www.ipac.pt

ISO (2015). ISO 9001:2015. Quality Management Systems – Requirements. ISO.

ISO (2016). ISO 31010. Risk management – Risk assessment techniques. ISO.

ISO (2018). ISO 31000:2018. Risk management – Principles and Guidelines. ISO

ISO (2009). ISO Guide 73. Risk management – Vocabulary and guidelines for the use in standards. ISO.

ISO (2020). ISO. https://www.iso.org

Kiba-Janiak, M. (2016). Risk Management in the Field of Urban Freight Transport. 2nd International Conference "Green Cities - Green Logistics for Greener Cities". Transportation Research Procedia 16, pp. 165 – 178. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.trpro.2016.11.017

Li J., Bao, C., and Wu, D. (2018). How to Design Rating Schemes of Risk Matrices: A Sequential Updating Approach. Risk Analysis. http://dx.doi.org/10.1111/risa.12810

MacKenzie, C. A. (2014). Summarizing Risk Using Risk Measures and Risk Indices.Risk Analysis. https://doi.org/10.1111/risa.12220

Olechowski, A., Oehmen, J., Seering, W., and Ben-Daya, M. (2016). The professionalization of risk management: What role can the ISO 31000 risk management principles play?. International Journal of Project Management, vol. 34, no. 8, pp. 1568–1578. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.08.002

Rampini, G., Takia, H., and Berssaneti, F. (2019). Critical Success Factors of Risk Management with the Advent of ISO 31000 2018 - Descriptive and Content Analyzes. Procedia Manufacturing 39, pp. 894–903. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.400

Shad, M. K., Lai F., Fatt, C. L., Klemes J. J., and Bokhari, A. (2019). Integrating sustainability reporting into enterprise risk management and its relationship with business performance: A conceptual framework. Journal of Cleaner Production 208, pp. 415-425. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.120

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/10/2020
Aceitação/Acceptance: 23/12/2020

Estado del arte sobre la identificación amenazas no intencionales de ciberseguridad de parte de personal interno en instituciones públicas

Anderson Castillo[1], Mariuxi Bruzza[2], Manuel Tupia[3]

Anderson.castillo@pucp.edu.pe; mariuxi.bruzza@uleam.edu.pe; tupia.mf@pucp.edu.pe

[1] Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801 San Miguel, 51087, Lima, Perú.

[2] Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Av. Circunvalación, 130214, Manta, Ecuador.

[3] Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801 San Miguel, 51087, Lima, Perú.

Pages: 70-82

Resumen: La modernización de la administración pública ha obligado a los estados alrededor del mundo a desarrollar servicios digitales de gobierno electrónico y a su vez, considerar las amenazas a los activos de información con los que brindan estos servicios. Los estudios revelan que gran parte del origen de las amenazas a la ciberseguridad en las entidades del estado provienen del personal interno, y son de carácter no intencional. En el presente artículo se presenta la revisión sistemática del estado del arte de los marcos, modelos y otras propuestas para identificar amenazas no intencionales de ciberseguridad producidas por personal interno en instituciones públicas.

Palabras-clave: Ciberseguridad; amenazas internas; amenazas no intencionales; gobierno electrónico; estado-del-arte.

State of the art on the identification of unintentional cybersecurity threats by internal personnel in public institutions

Abstract: The modernization of public administration has forced states around the world to develop digital electronic government services and, in turn, consider threats to the information assets with which they provide these services. Studies reveal that a large part of the origin of threats to cybersecurity in state entities comes from internal personnel, and those threats are unintentional. This paper presents a systematic review of the state of the art about frameworks, models and other proposals to identify unintentional cybersecurity threats produced by internal personnel in public institutions.

Keywords: Cybersecurity; internal threats; unintentional threats; electronic government; state-of-the-art.

1. Introducción

En un mundo digitalizado donde el Internet forma parte de las actividades diarias, servicios, organizaciones y gobiernos, la seguridad se vuelve una cualidad fundamental que debe cuidarse y gestionarse constantemente más aún a nivel empresarial y en particular, dentro de la administración pública (Fundación Telefónica, 2016). Se ha identificado una clara relación entre el nivel de cuidado y debida diligencia que tiene un usuario al momento de compartir información, y el usuario que tiene la intención de obtenerla a pesar de no tener permisos o accesos a dicha información con la finalidad de beneficiarse, siendo un usuario interno, externo (incluyendo ex colaboradores de la organización). Estas intenciones pueden convertirse en posibles *amenazas* que perjudican a las organizaciones en general, dando lugar a la aparición de amenazas internas y externas (Hunker & Probst, 2011).

Los ataques internos o externos pueden afectar diversos aspectos de la infraestructura tecnológica de una entidad sea privada o pública (servidores, redes, repositorios, y la misma información entre otros) (Fundación Telefónica, 2016). Dentro de las amenazas, se encuentran el robo de información, espionaje, el uso inadecuado de redes sociales por parte de colaboradores de la organización, ransomware amenazas persistentes avanzadas (APT) y factores humanos; siendo este último, uno de los factores que mayor impacto puedo generar.

De acuerdo con el informe hecho por investigadores de seguridad de IBM en el 2018 (OSI, 2018), el 95 % de los ciberataques son debido a fallos humanos. Estos ataques en su mayoría pueden ser de un agente externo; sin embargo, la vulnerabilidad producto de un error humano empieza desde dentro de la institución como también lo indica el informe anterior. Esto se debe a un comportamiento inadecuado de dicho personal interno ante una falta de medidas impuesta por la institución o gobierno que gestiona la seguridad de la información en instituciones públicas.

Uno de los sectores con mayor volumen de ataques e incidentes es el sector de Gobierno, de acuerdo con un reporte realizado por IBM en 2020 (IBM et al., 2020), el gobierno se encuentra en el sexto lugar de los sectores más atacados por amenazas de ciberseguridad. El informe muestra que los gobiernos son un objetivo de alto valor para los delincuentes cibernéticos debido principalmente a la información de carácter personal y confidencial de los ciudadanos presentes en los servicios de gobierno electrónico. Tomando como objeto de estudio la administración pública peruana, la revisión sistemática del estado del arte ha podido identificar la importancia de los modelos, medidas o técnicas para detectar amenazas de ciberseguridad producto del accionar del personal interno. En la tabla 1 se presenta una abstracción del árbol de problemas a tratar en la presente investigación.

El presente artículo elabora el estado del arte sobre los marcos y modelos existentes para gestionar los riesgos relacionados a amenazas internas de ciberseguridad en organizaciones estatales, haciendo hincapié en patrones de comportamiento de esta clase de usuarios – empleado. El artículo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta el marco teórico necesario para el entendimiento de la revisión sistemática realizada; en la sección 3 se describe la revisión sistemática del estado del arte que incluye los resultados; la sección 4 desarrolla una breve y la discusión sobre las preguntas de investigación y los resultados; y en la sección 5 se presentan las conclusiones del artículo así como los trabajos presentes y futuros desarrollados por el grupo de Investigación XXXXXX.

		1	2	3	4
ÁRBOL DE PROBLEMAS	**EFECTOS**	Pérdidas económicas en las organizaciones del Estado	Pérdida en la continuidad del negocio ante las frecuentes amenazas no intencionales de ciberseguridad en las distintas áreas de las organizaciones públicas	Pérdida de confianza por parte de los ciudadanos en los servicios que brinda el Estado	Medición poco fiable de la experiencia y conocimiento del personal interno de las organizaciones públicas
	PROBLEMA CENTRAL	Inexistencia de un modelo para identificar amenazas no intencionales de ciberseguridad por parte del personal interno en organizaciones públicas peruanas basado en buenas prácticas internacionales			
	CAUSAS	No se han identificado patrones de comportamiento en el personal interno de las organizaciones públicas	No se ha propuesto un proceso de gestión de riesgos para amenazas internas no intencionales	No se ha propuesto el uso de buenas prácticas para gestionar las amenazas no intencionales de ciberseguridad ocasionadas por el personal interno según su comportamiento en infraestructura tecnológica en organizaciones públicas	

Tabla 1 – Árbol de problemas

2. Marco Teorico

2.1. Seguridad de la información y ciberseguridad

De acuerdo con la norma ISO/IEC 27000 (2018) "La seguridad de la información garantiza la confidencialidad, disponibilidad e integridad de la información". Implica la aplicación y gestión de controles apropiados que consideran una amplia gama de amenazas, procurando garantizar el éxito y la continuidad de las operaciones del negocio al minimizar las consecuencias de los incidentes de seguridad de la información.

Según ISACA, define la ciberseguridad como la disciplina que permite la "protección de activos de información digitales, a través del tratamiento de amenazas que ponen en riesgo la información que es procesada, almacenada y transportada por los sistemas de información que se encuentran interconectados" (ISACA, 2015).

2.2. Agentes y amenazas internas.

Los agentes internos son personas con acceso privilegiado a los recursos informáticos de una organización y que forman parte de ella, o fueron colaboradores con derechos de acceso a recursos sensibles de la empresa y que pueden comprometer la información mediante

actos con o sin intención. En la ciberseguridad, las amenazas son consideradas actos maliciosos que se dividen en dos, las amenazas internas y externas. Dentro de las amenazas internas se ubica las amenazas intencionales y no intencionales (Hunker & Probst, 2011).

2.3. Amenazas Internas No Maliciosas (UIT)

Son aquellas que involucran al personal interno de la organización que involuntariamente —y posiblemente influenciados por actos maliciosos de terceros— puede cometer incidencias que generan daños en los recursos a los cuales tienen accesos, siendo este accionar más difíciles de identificar (Hunker & Probst, 2011). Entre las posibles causas se encuentra la falta de entrenamiento, negligencia, o falta de conciencia del personal (CERT, 2013). Al respecto de estas causas, un ejemplo común son los ataques "phishing" a través de correos electrónicos que, si bien son intencionales, la respuesta por parte del personal interno, por falta de conocimiento, puede permitir el acceso a este tipo de amenazas.

3. Revisión sistemática del estado del arte

El presente artículo pretende listar todos aquellos estudios relacionados con marcos, modelos, estándares y buenas prácticas orientadas a identificar, detectar, mitigar y corregir los efectos de las amenazas de ciberseguridad en instituciones estatales, producto de patrones de comportamiento del personal interno de dichas organizaciones. Para determinar el estado del arte del problema, se hará uso la guía para la revisión de literatura sistemática (SLR) presente en (Keele, 2007).

3.1. Objetivos de la revisión y preguntas de investigación

El objetivo de la SLR es identificar todas las investigaciones realizadas alrededor de *los patrones de actividad de usuarios de infraestructuras tecnológicas en organizaciones públicas*, que pudieran constituir amenazas a la ciberseguridad. Se espera que estos patrones se presenten en la forma de marcos o modelos aplicables a nivel empresarial. El tipo de revisión que se realizará será empírico, puesto que se necesita determinar los marcos, modelos o medidas que se han utilizado para el problema en particular (Hernández et al., 2014).

De acuerdo con el objetivo de revisión, es necesario proponer un conjunto de preguntas que permitan identificar fuentes de estudio primario que puedan dar mayor soporte al tema propuesto. Para estructurar los elementos de las preguntas de investigación, se emplearán los principios PICOC, tal como se puede apreciar en (Petticrew & Roberts, 2008), según se muestra en la tabla 2.

Atributos	Descripción
Población	Ciberseguridad
Intervención	Modelos o marcos para la identificación de amenazas no intencionales de ciberseguridad generadas por personal interno
Comparación	Casos de estudio en donde se han empleado o desarrollado modelos, marcos o medidas para identificar las amenazas generadas por personal interno en organizaciones públicas

Atributos	Descripción
Resultados	Modelos o marcos para identificar las amenazas no intencionales de ciberseguridad generadas por personal interno, patrones de comportamiento, medidas tomadas
Contexto	Casos de estudio sobre modelos de identificación de amenazas de ciberseguridad generadas por personal interno en instituciones públicas desde el 2010 al 2020

Tabla 2 – Criterios PICOC

Las preguntas de investigación serían las siguientes:

1. ¿De qué manera los modelos, marcos o medidas están identificando amenazas no intencionales para la ciberseguridad generadas por el propio personal interno de instituciones públicas?
2. ¿De qué manera las actividades del personal interno de una organización sobre la infraestructura de TI, pueden considerarse una amenaza no intencional a la ciberseguridad?
3. ¿Cuáles han sido los factores de éxito para definir modelos, marcos o medidas para identificar amenazas no intencionales por personal interno en instituciones públicas y en qué buenas prácticas se han basado?

3.2. Cadena de búsqueda a usar y criterios de inclusión/exclusión

Para la cadena de búsqueda, los elementos incluidos en la cadena se tomarán como referencia a partir de términos discrimínales de la tabla 2 que utiliza los criterios de PICOC en base al tema propuesto. Estos elementos de búsqueda se pueden apreciar en la tabla 3 que se muestra a continuación.

Atributos	Elementos de búsqueda
Población	Ciberseguridad
Intervención	Amenazas no intencionales, personal interno
Comparación	(Elementos ya mencionados o no encontrados)
Resultados	(Elementos ya mencionados o no encontrados)
Contexto	Instituciones públicas

Tabla 3 – Términos Discrimínales de PICOC

La cadena de búsqueda final es:

"Amenazas internas no intencionales de ciberseguridad en el sector público"

Dicha cadena se va a aplicar en distintos buscadores de artículos para elaborar el estado del arte, siendo los primeros resultados presentados en la tabla 4 adjunta:

Los criterios de inclusión que ayudan a delimitar los artículos encontrados y priorizar su información.

- El estudio presenta casos en donde se aprecia la identificación de amenazas internas a la ciberseguridad.

Base de datos indexada	Cadena de búsqueda	Filtros	Total de artículos	Artículos seleccionados
PROQUEST	(Insider Threats Cyber Security) AND ft(unintentional OR "human error" OR unintended) AND ft(public sector OR public organization OR public administration)	Revisado por pares Inglés, español De 2010 - 2020	221	11
SCOPUS	(ALL("Insider threats") AND ALL("public administration" OR "public sector" OR "public organization") AND ALL(cyber security) AND ALL("unintentional" OR "human error" OR "unintended")) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2021	Inglés, español De 2010 - 2020	32	22
SPRINGER	((Insider Threats Cyber Security) AND ft(human error OR unintentional OR unintended) AND ft(public sector OR public organization OR public administration))	Inglés, español De 2010 - 2020	16	1
Total			265	34

Tabla 4 – Número de artículos encontrados en cada motor de búsqueda

- El estudio presenta marcos o modelos para la identificación de amenazas internas a la ciberseguridad.
- El estudio versa sobre amenazas internas a la ciberseguridad no intencionales.
- El estudio se centra en instituciones públicas.

Por su parte, los criterios de exclusión se han definido de manera restrictiva en base al tema propuesto para ayudar a filtrar artículos que no sean imprescindibles en la investigación.

- El estudio es redundante y posee menos detalle que otro estudio de la misma autoría.
- El estudio no presenta ningún tema relacionado a la ciberseguridad
- El estudio no describe ninguna actividad referente al personal interno de infraestructura de TI

3.3. Resultados de la revisión

Los resultados de la revisión según cada motor de búsqueda fueron los siguientes:

Base de Datos	Preguntas de Investigación		
	P1. ¿De qué manera los modelos, marcos o medidas están identificando amenazas no intencionales para la ciberseguridad generadas por el propio personal interno de instituciones públicas?	P2. ¿De qué manera las actividades del personal interno de una organización sobre la infraestructura de TI, pueden considerarse una amenaza no intencional a la ciberseguridad?	P3. ¿Cuáles han sido los factores de éxito para definir modelos, marcos o medidas para identificar amenazas no intencionales por personal interno en instituciones públicas y en qué buenas prácticas se han basado?
PROQUEST	8	1	6
SCOPUS	18	9	14
SPRINGER	1	0	1
Total	27	10	21

Tabla 5 – Artículos encontrados por pregunta y motor de búsqueda

Respuesta a la pregunta 1 "¿De qué manera los modelos, marcos o medidas están identificando amenazas no intencionales para la ciberseguridad generadas por el propio personal interno de instituciones públicas?".

Se muestra la Tabla 6, la cual contiene el campo más relevante del formulario de extracción de datos para resolver la pregunta 1. A continuación, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la pregunta de investigación.

Modelo para detectar UIT por parte del personal interno	Número de veces que se usó un modelo	Artículos
Microsoft Threat Modeling Process, STRIDE, DREAD	1	(Borky & Bradley, 2019)
PDDAITC	1	(Halim & Yusof, 2019)
Insider Threat mitigation model	1	(Chinyemba & Phiri, 2018)
Enfoque de sistemas para amenazas internas	1	(Fischbacher-Smith, 2015)
Information Security Policy Management Practice Model	1	(ALSHAIKH ET AL., 2015)
ISTA Program	1	(Alshaikh et al., 2018)
Research Conceptual Model	1	(Agudelo-Serna et al., 2018)
Modelo KLBR	1	(Altukruni et al., 2019)
Modelo ISM		(Onibere et al., 2019)
BCW Framework	1	(Alshaikh et al., 2019)
Framework to Internal Threat	1	(Michael Juma Abuli, 2016)
OSN-LMC	1	(Abdul Molok et al., 2018)

Modelo para detectar UIT por parte del personal interno	Número de veces que se usó un modelo	Artículos
Comprehensive UIT Feature Model	1	(CERT, 2013)
Framework para mitigar e identificar amenazas internas	1	(Wunderlich, 2011)
Insider threat program maturity model	1	(Ernst and Young, 2016)
Framework Interdisciplinary	1	(Maalem Lahcen, Rachid Ait Caulkins, Bruce Mohapatra, Ram, Kumar, 2020)
Medidas para identificación y prevención	7	(Evans, He, Luo, et al., 2019), (Evans, He, Maglaras, et al., 2019), (Chinyemba & Phiri, 2018b), (Musambo et al., 2017), (Chen & Fiscus, 2018), (Conteh & Schmick, 2016), (Hadlington, 2018)
Framework NIST	1	(Lechner, 2017)
ABM, GT, SD, BBN, NA	1	(Moore et al., 2016)
IDPA	1	(Gheyas & Abdallah, 2016)
WDOA y UODP	1	(Tu et al., 2015)

Tabla 6 – Artículos que reportan algún método, marco o medida para la detección UIT

Respuesta a la pregunta 2 "¿De qué manera las actividades del personal interno de una organización sobre la infraestructura de TI pueden considerarse una amenaza no intencional a la ciberseguridad?".

Adicionalmente se muestra la Tabla 7, la cual contiene el campo más relevante del formulario de extracción de datos para resolver la pregunta 2:

Técnicas para detectar causas de UIT en las actividades del personal	Número de veces que se usó una técnica o método de identificación de causas	Artículos
Comprehensive UIT Feature Model	1	(CERT, 2013)
Entrevistas y Cuestionarios	4	(Chinyemba & Phiri, 2018), (Chinyemba et al., 2018), (Chinyemba & Phiri, 2018b , (Abdul Molok et al., 2018)
IS-CHEC	2	(Evans, He, Luo, et al., 2019), (Evans, He, Maglaras, et al., 2019)
Framework	1	(Michael Juma Abuli, 2016)
Social Cognition Theory	1	(Maalem Lahcen, Rachid Ait Caulkins, Bruce Mohapatra, Ram, Kumar, 2020)
TPB (Teoría del comportamiento planeado)	1	(Mat Roni, 2015)

Tabla 7 – Artículos que reportan algún método o técnica para la detección de causas relacionadas a actividades propensas a UIT

Respuesta a la pregunta "¿Cuáles han sido los factores de éxito para definir modelos, marcos o medidas para identificar amenazas no intencionales por personal interno en instituciones públicas y en qué buenas prácticas se han basado?"

Adicionalmente se muestra la Tabla 9, la cual contiene el campo más relevante del formulario de extracción de datos para resolver la pregunta 3. A continuación, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la pregunta de investigación.

Buenas prácticas utilizadas en el modelo	Número de veces que se identificó buenas prácticas	Artículos
CERT	1	(Ernst and Young, 2016)
ISO 27001 (ISMS)	4	(Halim & Yusof, 2019), (Chinyemba & Phiri, 2018), (Chinyemba & Phiri, 2018b), (CERT, 2013)
Prácticas de gestión de seguridad de la información	1	(Alshaikh et al., 2014)
ISO 27005	1	(Agudelo-Serna et al., 2018)
Políticas de Seguridad de Información	2	(Wunderlich, 2011), (Moinescu, Radu;Răcuciu, Ciprian;Glăvan, Dragoş;Antonie, Narcis-Florentin;Eftimie, 2019)
NIST	3	(Maalem Lahcen, Rachid Ait Caulkins, Bruce Mohapatra, Ram, Kumar, 2020), (Chen & Fiscus, 2018), (Lechner, 2017)
Herramientas de CSI	1	(Carlton et al., 2019)
Implementing a Holistic Cyber LossMitigation Strategy	1	(Ceesay et al., 2018)
Solo presentan factores de éxito, no se identificó buenas prácticas	7	(Borky & Bradley, 2019), (Evans, He, Maglaras, et al., 2019), (Fischbacher-Smith, 2015), (Altukruni et al., 2019), (Abdul Molok et al., 2018), (Gheyas & Abdallah, 2016), (Greitzer et al., 2014)

Tabla 9 – Artículos que reportan buenas prácticas, estándares o normativas en el diseño de sus modelos

5. Conclusiones

En los estudios preliminares se han podido identificar que los modelos estudiados, en su mayoría, utilizan los estándares o buenas prácticas dentro de su propuesta para tener un mayor alcance que permita mitigar las amenazas internas de ciberseguridad no solo en organizaciones públicas, sino también en privadas y a su vez considera amenazas tanto intencionales como no intencionales. Estos modelos nacen con el objetivo de identificar, controlar y mitigar amenazas internas relacionadas al personal de la organización. Estas amenazas necesitan ser identificadas antes de la construcción del modelo, para

eso se utiliza distintas metodologías, algoritmos, identificación de amenazas, factores de riesgo, teorías de comportamiento y encuestas que puedan generar una base de datos que luego sirva como fuente necesaria para el desarrollo de una investigación, modelo, marco de trabajo sólido, políticas de seguridad o alguna medida que pueda contribuir en la solución parcial o completa de un problema como son las amenazas de ciberseguridad por parte del personal interno.

Con la revisión de literatura se ha podido evidenciar que no existen modelos actuales para la identificación de amenazas UIT dentro de las organizaciones públicas en el Perú. Otro punto importante, que forma parte de los modelos que se busca identificar, es la falta de estudios sobre amenazas no intencionales por parte del personal interno en dichas organizaciones públicas y por ende no se efectúa un análisis de riesgo ante estos tipos de amenazas.

Finalmente, si bien existen estudios a nivel mundial sobre modelos tanto para identificar e incluso mitigar todo tipo de amenazas en base a estándares u otras técnicas aplicadas, dentro del Perú no se ha podido identificar estudios, modelos o controles específicos para las amenazas no intencionales de ciberseguridad por parte del personal interno en las organizaciones públicas lo que implica la evaluación y consideración del tema propuesto ante la problemática actual dentro del país.

Referencias

Abdul Molok, N. N., Ahmad, A., & Chang, S. (2018). A case analysis of securing organisations against information leakage through online social networking. International Journal of Information Management. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.08.013

Agudelo-Serna, C. A., Ahmad, A., Bosua, R., & Maynard, S. B. (2018). Strategies to Mitigate Knowledge Leakage Risk caused by the use of mobile devices: A Preliminary Study. ICIS 2017: Transforming Society with Digital Innovation.

Alshaikh, M., Ahmad, A., Maynard, S. B., & Chang, S. (2014). Towards a taxonomy of information security management practices in organisations. Proceedings of the 25th Australasian Conference on Information Systems, ACIS 2014.

Alshaikh, M., Maynard, S. B., Ahmad, A., & Chang, S. (2015). Information security policy: A management practice perspective. ACIS 2015 Proceedings - 26th Australasian Conference on Information Systems.

Alshaikh, M., Maynard, S. B., Ahmad, A., & Chang, S. (2018). An Exploratory Study of Current Information Security Training and Awareness Practices in Organizations. Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. https://doi.org/10.24251/hicss.2018.635

Alshaikh, M., Naseer, H., Ahmad, A., Maynard, S. B., paper Alshaikh, R., & Sean, M. (2019). Toward Sustainable Behaviour Change: an Approach for Cyber Security Education Training and Awareness. Twenty-Seventh European Conference on Information Systems (ECIS2019),.

Altukruni, H., Maynard, S., Ahmad, A., & Alshaikh, M. (2019). Exploring Knowledge Leakage Risk in Knowledge-Intensive Organisations: behavioural aspects and key controls. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21492.71046

Borky, J., & Bradley, T. (2019). Protecting Information with Cybersecurity (pp. 345–404). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95669-5_10

Carlton, M., Levy, Y., & Ramim, M. (2019). Mitigating cyber attacks through the measurement of non-IT professionals' cybersecurity skills. Information and Computer Security. https://doi.org/10.1108/ICS-11-2016-0088

Ceesay, E. N., Myers, K., & Watters, P. (2018). Human-centered strategies for cyber-physical systems security. ICST Transactions on Security and Safety, 4, 154773. https://doi.org/10.4108/eai.15-5-2018.154773

CEPAL. (2009). Gobierno Electrónico y Gestión Pública. https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/5/39255/gobierno_electronico_anaser.pdf

CERT. (2013). Unintentional Insider Threats: A Foundational Study.

Chen, H., & Fiscus, J. (2018). The inhospitable vulnerability: A need for cybersecurity risk assessment in the hospitality industry. Journal of Hospitality and Tourism Technology. https://doi.org/10.1108/JHTT-07-2017-0044

Chinyemba, M. K., & Phiri, J. (2018). An investigation into information security threats from insiders and how to mitigate them: A case study of Zambian public sector. Journal of Computer Science. https://doi.org/10.3844/jcssp.2018.1389.1400

Chinyemba, M. K., & Phiri, J. (2018). Gaps in the Management and Use of Biometric Data: A Case of Zambian Public and Private Institutions. Zambia ICT Journal. https://doi.org/10.33260/zictjournal.v2i1.49

Chinyemba, M. K., Phiri, J., Research, S., & Supervisor. (2018). An investigation into the cyber security threats by insiders: a case of Zambian public organisations. References 1.6 Significance of Study. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24071.65443

Conteh, N. Y., & Schmick, P. J. (2016). Cybersecurity:risks, vulnerabilities and countermeasures to prevent social engineering attacks. International Journal of Advanced Computer Research. https://doi.org/10.19101/ijacr.2016.623006

Ernst and Young. (2016). Managing Internal Threat.

Evans, M., He, Y., Luo, C., Yevseyeva, I., Janicke, H., Zamani, E., & Maglaras, L. A. (2019). Real-Time Information Security Incident Management: A Case Study Using the IS-CHEC Technique. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2944615

Evans, M., He, Y., Maglaras, L., Yevseyeva, I., & Janicke, H. (2019). Evaluating information security core human error causes (IS-CHEC) technique in public sector and comparison with the private sector. International Journal of Medical Informatics. https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.04.019

Fischbacher-Smith, D. (2015). The enemy has passed through the gate: Insider threats, the dark triad, and the challenges around security. Journal of Organizational Effectiveness. https://doi.org/10.1108/JOEPP-03-2015-0010

Fundación Telefónica. (2016). Ciberseguridad, la protección de la información en un mundo digital.

Gheyas, I. A., & Abdallah, A. E. (2016). Detection and prediction of insider threats to cyber security: a systematic literature review and meta-analysis. Big Data Analytics. https://doi.org/10.1186/s41044-016-0006-0

Greitzer, F. L., Strozer, J., Cohen, S., Bergey, J., Cowley, J., Moore, A., & Mundie, D. (2014). Unintentional insider threat: Contributing factors, observables, and mitigation strategies. Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences. https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.256

Hadlington, L. (2018). Employees attitude towards cyber security and risky online behaviours: An empirical assessment in the United Kingdom. International Journal of Cyber Criminology. https://doi.org/10.5281/zenodo.1467909

Halim, H., & Yusof, M. M. (2019). Framework for digital data access control from internal threat in the public sector. International Journal of Advanced Computer Science and Applications. https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100809

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. In Journal of Chemical Information and Modeling. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Hunker, J., & Probst, C. W. (2011). Insiders and insider threats an overview of definitions and mitigation techniques. Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications.

IBM, Alvarez, M., Bales, D., Chung, J., Craig, S., Dahl, K., DeBeck, C., Eitan, A., Faby, B., Gates, R., Harz, D., Kessem, L., Lee, C., McMillen, D., Moore, S., Prassinos, G., Singleton, C., Usher, M., Vila, A., … Zarabedian, J. (2020). X-Force Threat Intelligence Index 2020. In IBM X-Force Incident Response and Intelligence Services.

ISACA. (2015). Cybersecurity Fundamentals Study Guide. CyberSecurity Nexus, 1.

ISACA. (2015). State of Cybersecurity : Implications for 2015. CyberSecurity Nexus.

Keele, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE.

ISO/IEC 27000. (2018). International Standard ISO / IEC Information technology — Security techniques — Information security management systems — Overview and. ACM Workshop on Formal Methods in Security Engineering.Washington, DC, USA. https://doi.org/10.1016/j.im.2003.02.002

Lechner, N. H. (2017). An Overview of Cybersecurity Regulations and Standards for Medical Device Software. Central European Conference on Information and Intelligent Systems.

Maalem Lahcen, Rachid Ait Caulkins, Bruce Mohapatra, Ram, Kumar, M. (2020). Review and insight on the behavioral aspects of cybersecurity.

Mat Roni, S. (2015). An Analysis of Insider Dysfunctional Behaviours in an Accounting Information System Environment.

Metcalfe, R. M., & Boggs, D. R. (1976). Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks. Communications of the ACM. https://doi.org/10.1145/360248.360253

Michael Juma Abuli. (2016). A Framework for Assessing the Insider Threat in Parastatals in Kenya.

Moinescu, Radu;Răcuciu, Ciprian;Glăvan, Dragoş;Antonie, Narcis-Florentin;Eftimie, S. (2019). Aspects of human weaknesses in cyber security.

Moore, A. P., Kennedy, K. A., & Dover, T. J. (2016). Introduction to the special issue on insider threat modeling and simulation. Computational and Mathematical Organization Theory. https://doi.org/10.1007/s10588-016-9210-8

Musambo, L. K., Chinyemba, M. K., & Phiri, J. (2017). Identifying Botnets Intrusion & Prevention – A Review. Zambia ICT Journal. https://doi.org/10.33260/zictjournal.v1i1.28

Onibere, M., Ahmad, A., & Maynard, S. (2019). Dynamic Information Security Management Capability: Strategising for Organisational Performance.

OSI. (2018). ¿Sabías que el 95% de las incidencias en ciberseguridad se deben a errores humanos? https://www.osi.es/es/actualidad/blog/2018/12/05/sabias-que-el-95-de-las-incidencias-en-ciberseguridad-se-deben-errores

Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. In Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. https://doi.org/10.1002/9780470754887

Tu, M., Spoa-Harty, K., & Xiao, L. (2015). Data Loss Prevention Management and Control: Inside Activity Incident Monitoring, Identification, and Tracking in Healthcare Enterprise Environments. Journal of Digital Forensics, Security and Law. https://doi.org/10.15394/jdfsl.2015.1196

Wunderlich, J. L. (2011). The Insider Threat.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/09/2020
Aceitação/Acceptance: 28/11/2020

Proposta para a implantação do CMMI-DEV v2.0 ML3 em empresas de pequeno e médio porte de desenvolvimento de software

Elaine M. Marçal Machado[1], Mirian Picinini Mexas[2], Saulo Barbará de Oliveira[3]

elainemmm@id.uff.br; mirian_mexas@id.uff.br; saulobarbara@gmail.com

[1] Universidade Federal Fluminense, R. Passo da Pátria, 156 Bl E Sala 329A, 24210-240, Niterói, Brasil

[2] Universidade Federal Fluminense, R. Passo da Pátria, 156 Bl E Sala 329A , 24210-240, Niterói, Brasil

[3] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465 Km7, 23897-000, Seropédica, Brasil

Pages: 83-97

Resumo: As empresas de Tecnologia da Informação (TI) estão em um mercado de grande competitividade. Além disso, desenvolver softwares é um processo complexo de alto custo, principalmente para as pequenas e médias empresas (PMEs). Entende-se que adotar um modelo de gestão de qualidade, suporta esse cenário. O CMMI-DEV é um modelo de maturidade de desenvolvimento reconhecido mundialmente, mas ainda são poucos os trabalhos com propostas para implementação nas PMEs. Este artigo tem como base metodológica a revisão da literatura, apresentando a nova versão CMMI-DEV v2.0, desdobrada de forma qualitativa e quantitativa, com uma proposta indicando processos e ativos, visando atender as exigências para a implantação do nível de maturidade 3 (ML3). Entende-se que a adoção desta proposta melhore a implantação, propiciando a redução o custo, do aumento da qualidade, desempenho e produtividade, devido a melhoria do processo de software (SPI), principalmente às PMEs.

Palavras-chave: CMMI-DEV v2.0; ML3; Melhoria do processo de software; Desenvolvimento de software.

Proposal for the implementation of CMMI-DEV v2.0 ML3 in small and medium-sized software development companies

Abstract: Information Technology (IT) companies are in a highly competitive market. In addition, developing software is a complex and costly process, especially for small and medium-sized enterprises (SMEs). It is understood that adopting a quality management model supports this scenario. The CMMI-DEV is a model of development maturity recognized worldwide, but there are still few works with proposals for implementation in SMEs. This article has a methodological basis for reviewing the literature, presenting the new version CMMI-DEV v2.0, detailed in a qualitative and quantitative way, with a proposal indicating processes and assets, aiming to meet the requirements for the implementation of maturity level 3 (ML3). It is understood that the adoption of this proposal improves the implementation,

making it possible to reduce the cost, increase the quality, performance and productivity, due to the improvement of the software process (SPI), mainly to SMEs.

Keywords: CMMI-DEV v2.0; ML3; Software process improvement; Software development.

1. Introdução

Empresas de desenvolvimento de softwares estão inseridas em um cenário de grande competitividade. Acrescenta-se a esse contexto, que, desenvolver softwares envolve, processos críticos e de alto custo. Os modelos de maturidade para o processo de desenvolvimento de softwares disponibilizam instrumentos que são fundamentados em práticas aprovadas (Rocha & Vasconcelos, 2003).

O CMMI, Capability Maturity Model Integration, é um modelo amplamente conhecido, presente em mais de 100 países (CMMI Institute, 2019a), que contém um conjunto de melhores práticas que apoia as organizações na melhoria e no desempenho de seus processos, tornando-as mais competitivas (Rocha, Zabeu & Machado, 2018). O CMMI for Development, CMMI-DEV, é um modelo de melhoria de processo de desenvolvimento de software, que aumenta a produtividade, reduz o tempo e o custo do desenvolvimento (Ayyagari & Atoum, 2019).

As pequenas e médias empresas (PMEs) neste cenário competitivo, ainda apresentam dificuldades para implantar modelos de maturidade (Muñoz & Peralta, 2020). Vários estudos demonstraram que essas empresas utilizam métodos "ad-hoc" para desenvolver software e sofrem com a falta de conhecimento e recursos para implantar a melhoria do processo de software (SPI) (Almomani, Basri, Mahamad, & Bajeh, 2014).

Em 2018, o CMMI Institute, órgão responsável pela gestão e diretrizes do modelo (SEI & CMU, 2013), lançou a nova versão 2.0 com grande reestruturação, novas regras e exigências para melhoria do processo. No final de 2019 a adoção desta versão passou a ser obrigatória, descontinuando a versão anterior v 1.3 (CMMI Institute, 2018).

Para o modelo vigente há poucas referências bibliográficas e em pesquisas realizadas na página do CMMI Institute em 01/08/2020 (CMMI Institute, 2020a) e (CMMI Institute, 2020b), observa-se que do total de 8345 certificados vigentes para o CMMI-DEV, somente 96 avaliações foram emitidas na nova versão 2.0.

Os modelos proporcionam o "ranking" da maturidade do processo de desenvolvimento, sendo possível comparações entre as organizações (Rocha & Vasconcelos, 2003). O CMMI-DEV possui níveis de maturidade (ML), do nível 0 (zero) ML0, até nível 5 (cinco) ML5. O ML0 é o nível incompleto, onde não há qualquer requisito implantado; o ML1 nível inicial; o ML2 nível gerenciado; o ML3 nível definido; o ML4 nível gerenciado quantitativamente e o ML5 nível de automação e otimização, que engloba os requisitos de todos os outros níveis do referido modelo (CMMI Institute, 2018).

Para alcançar o CMMI-DEV nível de maturidade 3, ML3, é necessário atender aos requisitos do ML1, ML2 e ML3 sendo necessário definir e implantar processos, políticas, regras, modelos e procedimentos organizacionais, de forma a reproduzir o mesmo padrão em todos os projetos de desenvolvimento de softwares. Do total das avaliações

aprovadas, aproximadamente 82% são certificações para o nível 3 (CMMI Institute, 2020a) e (CMMI Institute, 2020b).

Dentro deste contexto, esse trabalho apresenta inicialmente, uma visão consolidada qualitativa do Modelo CMMI-DEV v.2.0, visando um entendimento e desdobramento da nova estrutura, e uma abordagem quantitativa das exigências por categoria, áreas de capacidade, áreas de prática, práticas e níveis de maturidade. Apresenta, também, uma proposta para agilizar a implantação do CMMI-DEV v2.0 ML3 às PMEs. Esta proposta é composta pela definição de um macroprocesso para desenvolvimento de softwares e um mapa com todos os ativos: documentos, normas, artefatos, evidências, atividades, ferramentas e orientações para cumprimento de cada prática. Entende-se que, com conhecimento do modelo e a indicação dos ativos para cumprimento de cada prática, as PMEs consigam melhorar os seus processos de desenvolvimento de softwares e atingir o ML3 do CMMI-DEV.

De forma a embasar o trabalho, utiliza-se como metodologia a revisão da literatura, concentrando as pesquisas em bases acadêmicas, bem como a página do órgão responsável em manter e definir as diretrizes do CMMI. Logo, este estudo é relevante, pois visa melhorar a gestão da qualidade e, com isso, aumentar o desempenho, produtividade do processo de desenvolvimento de softwares, tornando as organizações que o adotam mais competitivas.

Este artigo é composto por quatro seções. A primeira seção é introdutória e contém o resumo da proposta do artigo. A segunda descreve o modelo, sendo subdivida em duas subseções: uma com abordagem qualitativa da nova estrutura, e a outra detalha os requisitos quantitativos do modelo. A terceira seção aborda os requisitos obrigatórios para atingir o ML3. Por fim, a última seção apresenta a conclusão e proposta para pesquisas futuras.

2. Modelo CMMI-DEV V2.0

Nesta seção é descrita a nova estrutura do modelo através visão qualitativa e quantitativa do CMMI-DEV v2.0.

2.1. Estrutura qualitativa do CMMI-DEV v2.0

O primeiro nível de estrutura do novo modelo CMMI v2.0 é conhecido como categoria (CMMI Institute, 2018a). As categorias são grupos ou visões lógicas que relacionam às áreas de capacidade que tratam problemas comuns encontrados pelas organizações ao desenvolver e entregar soluções (Rocha et al., 2018).

O modelo apresenta quatro categorias: “Fazendo” (Doing), onde estão agrupadas as áreas de capacidade que produz e entrega soluções de qualidade; “Gerenciado” (Managing) onde se encontram as áreas planejando e gerenciando a implementação das soluções; “Disponibilizando” (Enabling), onde estão organizadas as áreas de capacidade que suportam a implementação da solução e entrega e, por último; “Melhorando” (Improving), onde estão organizadas as áreas de capacidade para sustentação e melhoria do desempenho.

Essas categorias estão distribuídas em nove áreas de capacidade (AC): Planejamento e Gerência do Trabalho (PMW); Gerência de Resiliência do Negócio (MBR); Gerência da Força de Trabalho (MWF); Desenvolvimento e Engenharia do Produto (EDP); Garantia da Qualidade (ENQ); Seleção e Gerência de Fornecedores (SMS); Apoio à Implementação (SI); Melhoria do Desempenho (IMP) e Construção e Manutenção da Capacidade (BSC). (CMMI Institute, 2018b). Uma área de capacidade é composta por um conjunto de áreas de prática. Um conjunto de áreas de prática possui as práticas, que são as exigências e recomendações do modelo para cada nível de maturidade.

O modelo é composto por 21 (vinte e uma) áreas de prática (PA): Estimativas (EST); Monitoramento e Controle (MC); Planejamento (PLAN); Gerência de Riscos e Oportunidades (RSK); Treinamento Organizacional (OT); Integração do Produto (PI); Solução Técnica (TS); Desenvolvimento e Gerência de Requisitos (RDM); Garantia da Qualidade do Processo (PQA); Revisão por Pares (PR); Verificação e Validação (VV); Gerência de Acordo com Fornecedores (SAM); Seleção do Fornecedor Principal (SSS); Análise de Causa e Resolução (CAR); Análise e Tomada de Decisões (DAR); Gerência de Configuração (CM); Definição dos Ativos de Processo (PAD); Gerência de Processos (PCM); Gerência do Desempenho e Medição (MPM); Governança (GOV) e Infraestrutura para Implementação (II). A prática é o requisito que precisa ser cumprido para o alcance da maturidade (CMMI Institute, 2018). As áreas de prática são enquadradas em algum nível de maturidade do modelo, que sinalizam o caminho para a melhoria do desempenho (Silva et al., 2015).

"Os modelos de maturidade são instrumentos que orientam as organizações de software em direção a uma maturidade superior, baseado em práticas comprovadas" (Rocha & Vasconcelos, 2003, p. 10). A organização pode ser classificada em um dos níveis de maturidade que tem escala de zero (ML0) a cinco (ML5), conforme abordagem e áreas práticas implantadas. Os níveis de maturidade são estágios de evolução acumulativos. Quanto maior a maturidade, maior a capacidade e performance da organização. A gestão da qualidade busca a melhoria contínua, de forma a otimizar os processos, tornando-os mais leves e eficientes (Miramontes, Muñoz, Calvo-Manzano & Corona, 2016).

A busca pela aderência aos níveis de maturidade é ainda considerada um desafio para as organizações de desenvolvimento de softwares. As empresas são enquadradas em um nível de maturidade, permitindo o nivelamento e a comparação do processo de qualidade entre elas. (Silveira, 2009) e (Rocha & Vasconcelos, 2003)

A prática é identificada da seguinte forma: <Sigla da área de prática> <nível de maturidade>.<número sequencial>. Por exemplo, PLAN 3.4 é a prática, da área de prática Planejamento, nível de maturidade três, quarto requisito do nível três. No modelo há descrição detalhada de 203 práticas, a intenção, o valor de cada área de prática, informação adicional, informação exploratória, relacionamento entre as PAs e descrição de todas as práticas, distribuídas em cada nível de maturidade.

2.2. Estrutura quantitativa CMMI-DEV v2.0

De forma a obter uma visão quantitativa quanto as exigências do CMMI-DEV v2.0, nesta seção apresenta-se o desdobramento das práticas por nível de maturidade, obtendo o cenário representado na Tabela 1, que está sumarizado por quantidade de práticas em

cada nível de maturidade (ML) por categoria (CA), área de capacidade (AC), área de prática (PA) (CMMI Institute, 2018).

CA	AC	Área de prática	ML1	ML2	ML3	ML4	ML5	Total
Gerenciando 48 PA(23,6%)	PMW 31 PA 15,3%	Estimativas (EST)	1	3	2			6
		Monitoramento e Controle (MC)	2	4	4			10
		Planejamento (PLAN)	2	8	4	1		15
	MBR 8 PA 3,9%	Gerência de Riscos e Oportunidades (RSK)	1	2	5			8
	MWF 9 PA 4,4%	Treinamento Organizacional (OT)	1	2	6			9
Fazendo 70 PA (34,5%)	EDP 20 PA 9,8%	Integração do Produto (PI)	1	6	3			10
		Solução Técnica (TS)	1	3	6			10
	ENQ 33 PA 16,3%	Desenvolvimento e Gerência de Requisitos (RDM)	1	6	7			14
		Garantia da Qualidade do Processo (PQA)	1	4	1			6
		Revisão por Pares (PR)	1	4	1			6
		Verificação e Validação (VV)	2	3	2			7
	SMS 17 PA 8,4%	Gerência de Acordo com Fornecedores (SAM)	3	4	2	1		10
		Seleção Fornecedor Principal (SSS)	3	3	1			7
Disponibilizando 26 PA (12,8%)	SI 26 PA 12,8%	Análise de Causa e Resolução (CAR)	1	2	5	2	1	11
		Análise e Tomada de Decisões (DAR)	2	5	1			8
		Gerência de Configuração (CM)	1	6				7
Melhorando 59 PA (29,1%)	IMP 45 PA 22,2%	Definição dos Ativos de Processo (PAD)	1	3	7			11
		Gerência de Processos (PCM)	3	2	6	1		12
		Gerência do Desempenho e Medição (MPM)	2	6	6	5	3	22
	BSC 14 PA 6,9%	Governança (GOV)	1	4	2	1		8
		Infraestrutura para Implementação (II)	1	2	3			6
		Total de práticas	**32**	**82**	**74**	**11**	**4**	**203**

Tabela 1 – CMMI-DEV v2.0 distribuição quantitativa das práticas.

Na Tabela 1 pode-se observar que o CMMI-DEV v2.0 tem uma maior quantidade de práticas na categoria “Fazendo”, totalizando 34,5% seguida por “Melhorando”, com 29,1% “Gerenciado”, com 23,6% e por último “Disponibilizando” com 12,8%. Para as áreas de capacidade (AC), observa-se uma maior distribuição das práticas, nas seguintes

áreas: Melhoria do Desempenho (IMP) 22,2%, Garantia da Qualidade (ENQ) 16,3% e Planejamento e Gerência do Trabalho (PMW) 15,3%. Esses percentuais mostram que no novo modelo existe uma quantidade maior de requisitos com foco em melhoria contínua, qualidade e planejamento dos projetos.

Para as áreas de prática (PA) existem a quantidade de práticas agrupadas por nível de maturidade. Percebe-se no modelo que as áreas de prática, Gerência do Desempenho e Medição (MPM), Planejamento (PLAN) e Desenvolvimento e Gerência de Requisitos (RDM), têm a maior quantidade de práticas para cumprimento. Com isso, obtêm-se uma visão consolidada de todo o modelo, bem como as áreas de prática com maior exigência para cumprimento.

Quanto ao nível de maturidade, observa-se que todas as áreas de prática contém requisitos exigidos do ML3, exceto Gerência de Configuração (CM) que e até o ML2. Observa-se também, que a maior concentração de práticas encontra-se nos níveis de maturidade: ML1, ML2 e ML3. Para uma empresa implantar as práticas previstas nesse modelo e atender o nível inicial de maturidade ML1, é necessário implantar um quantitativo de 32 práticas de todas as categorias.

3. Proposta para atender CMMI-DEV v2.0 ML3

O nível 3 de maturidade do CMMI trata de padronização, ou seja a repetição do mesmo padrão na organização para todos os projetos, sendo suportados por uma biblioteca de ativos. Biblioteca de ativos é o conjunto de documentos que contém: processos, políticas, normas, modelos e procedimentos da organização para ser utilizados nos projetos. Com isso, a empresa que alcançar esse estágio de maturidade, consegue replicar e dar continuidade na melhoria contínua de seus processos. Por esse motivo, entende-se que implantada as práticas do ML 3, espera-se uma melhoria na qualidade do desenvolvimento do softwares, aumentando o desempenho e produtividade.

O objetivo deste trabalho é propor os processos e artefatos para atender as práticas do CMMI-DEV ML3. Para isso, é preciso garantir os requisitos obrigatórios do modelo. As práticas originadas da categoria SAM, são práticas que tratam a necessidade de aquisição de partes do desenvolvimento produzidos por fornecedores. Por esse motivo, são consideradas práticas opcionais, como apresentado na Tabela 2. Portanto, para atender ao ML3 é necessário implantar todas as práticas obrigatórias de ML1 (26) e ML2 (75) e também o ML3 (71), totalizando 172 práticas obrigatórias, perfazendo 84,7% do modelo.

ML	Obrigatória	Opcional	Total	% Obrigatória		%Opcional	
Nível 1	26	6	32	12,8%	84,7%	3,0%	7,9%
Nível 2	75	7	82	36,9%		3,4%	
Nível 3	71	3	74	35,0%		1,5%	
Nível 4	10	1	11	4,9%	6,9%	0,5%	0,5%
Nível 5	4	0	4	2,0%		0,0%	
Total	186	17	203	91,6%		8,4%	

Tabela 2 – CMMI-DEV v2.0 Práticas obrigatórias e opcionais por nível de maturidade.

Observa-se poucos trabalhos com propostas para tratar aspectos relacionados a implementação de modelos de qualidade (Garcia, Oliveira & Salviano, 2016). Com objetivo de reduzir essa lacuna, apresenta-se a seguir, orientações para implantação do CMMI-DEV ML3.

Para atender a uma prática, é necessário evidenciar através de um ou mais documentos e/ou também materializar, de forma estruturada e documentada, que a prática foi cumprida. Essas evidências são avaliadas pela equipe de avaliação e podem ser confirmadas em entrevistas com as equipes que participam dos processos da organização, durante o rito da avaliação para obtenção da certificação.

Com o propósito de agilizar a adoção e conhecimento do modelo, apresenta-se nessa seção o macroprocesso de desenvolvimento de softwares, bem como todas as evidências, com a identificação da prática atendida, para tratar e garantir a aderência ao nível de maturidade 3.

A engenharia de software está preocupada com todos os aspectos da produção de software (Sommerville, 2011). Para implantar o software é necessário estabelecer um processo, de forma a reduzir prazo, custo e garantir a qualidade do serviço. (Song & Zeng, 2014). A qualidade para a indústria de desenvolvimento de software é muito importante e influenciada diretamente pelo processo desse desenvolvimento (Ardana & Suharjito, 2017). Por esse motivo, é importante estruturar as fases e etapas do processo de desenvolvimento para implementar as exigências e os requisitos do CMMI-DEV ML3 v2.0.

Na Figura 1 apresenta-se uma proposta com o macroprocesso principal “Gestão de desenvolvimento de software”, que contém os subprocessos para desenvolvimento de softwares e o macroprocesso de apoio “Gestão organizacional”, que contém os subprocessos que suportam o processo principal.

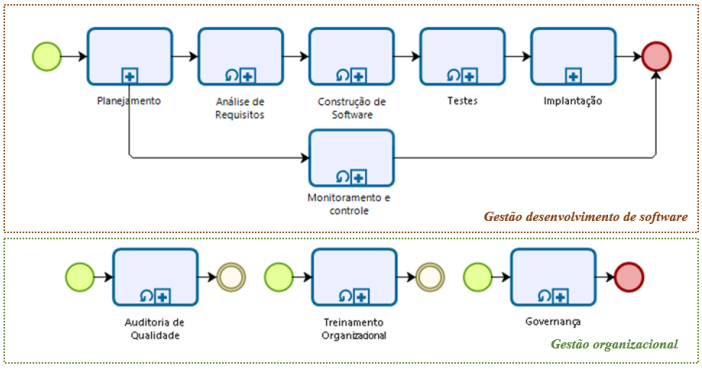


Figura 1 – Proposta para macroprocesso desenvolvimento de software e gestão organizacional.

O processo “Gestão desenvolvimento de software” é composto pelos subprocessos (SB): a) Planejamento (PLAN), que contém todas as atividades necessárias para o planejamento dos projetos de software; b) Análise de Requisitos (AR), possui as atividades para entendimento da necessidade do cliente, transformando em requisitos

de negócio para a construção do software; c) Construção de Software (CS), possui todas as atividades de desenvolvimento de software; d) Testes (TST), contém as atividades que garantem a qualidade e aderência aos requisitos de negócio com software desenvolvido; e) Implantação (IMP), possui as atividades de disponibilização do software desenvolvido em ambiente de produção; e por último f) Monitoramento e Controle (MC), subprocesso que contém os controles necessários para garantir as regras e padrões estabelecidos para o projeto de desenvolvimento, conforme modelo adotado.

O processo "Gestão organizacional" contém os subprocessos: a) Auditoria de Qualidade (AQ), que possui todas as atividades de auditoria exigidas do padrão CMMI, bem como, a garantia da qualidade dos produtos, do processo e de configuração; b) Treinamento Organizacional (OT), contém as atividades de planejamento e controle de todos os treinamentos da organização; c) Governança (GOV), contém as atividades de comunicação para alta direção dos indicadores, manutenção da biblioteca de ativo, e o projeto de melhoria contínua da organização.

Os macroprocessos apresentados contêm atividades e geram documentos que são suportados por ferramentas e ambientes para prover o software. O Quadro 1, apresenta, de forma consolidada, uma matriz com todos esses ativos obrigatórios, para cumprir as exigências do modelo proposto. Esses ativos foram categorizados por tipo: atividade (AT); documento (DOC), ferramenta (FTM) ou ambiente (AMB); informando o subprocesso (SB) que gera o ativo, e a identificação da(s) prática(s) para o cumprimento.

Id	Ativo	Tipo	SB	Identificação da(s) prática(s)
1	*Ações derivadas da análise de causa raiz (CAR)*	ATV	PLAN	CAR 3.3, CAR 3.5
2	*Acompanhamento do projeto de melhoria*	ATV	PLAN	II 2.2, II 3.1, PCM 3.6
3	Análise de causa raiz (CAR)	ATV	PLAN	CAR 1.1, CAR 2.1, CAR 2.2, CAR 3.1, CAR 3.3, CAR 3.4
4	*Atividade de comprometimento da equipe com o projeto de desenvolvimento*	ATV	PLAN	RDM 2.4, RDM 3.5
5	*Atividade de melhoria do projeto e organizacional*	ATV	PLAN	II 3.3, PCM 1.1, PCM 1.3, PCM 2.1,. PCM 2.2, PCM 3.3, PQA 3.1
6	*Base histórica de estimativa do tamanho do projeto*	DOC	PLAN	EST 3.2, II 3.3, PLAN 3.2, PLAN 3.3
7	Baseline. Conjunto de Documentos e acordos formalmente aceitos	DOC	PLAN	CM 2.4
8	*Cronograma do projeto*	DOC	PLAN	EST 2.3, MC 3.3, PLAN 1.1, PLAN 1.2, PLAN 2.1, PLAN 2.3, PLAN 3.3
9	*Ferramenta de gestão de projetos. (Redmine)*	FMT	PLAN	CM 1.1, CM 2.2, II 1.1, RDM 1.1, RDM 2.5, RSK 1.1, RSK 2.2, RSK 3.2, RSK 3.4, RSK 3.5
10	*Gestão de Mudanças. Atividades que controla a mudança nos requisitos de negócio*	ATV	PLAN	MC 2.3
11	"Guia de análise de causa raiz" (CAR)	DOC	PLAN	CAR 2.1
12	*Mapa de riscos. Lista com os riscos identificados do projeto*	DOC	PLAN	MC 3.1, RSK 2.1, RSK 3.1, RSK 3.2, RSK 3.4, RSK 3.5
13	*Documento "Plano de capacidade" dos recursos (pessoas) para os projetos*	DOC	PLAN	PLAN 2.3

Id	Ativo	Tipo	SB	Identificação da(s) prática(s)
14	*Documento Plano de comunicação do projeto e da organização*	DOC	PLAN	MC 3.4, PCM 3.5, RSK 2.2
15	Documento "Plano de projeto de software". Contém as diretrizes e acordos do projeto	DOC	PLAN	II 2.1, II 3.1, MC 2.3, MC 3.1, PLAN 2.1, PLAN 2.2, PLAN 2.3, PLAN 2.4, PLAN 2.5, PLAN 2.7, PLAN 2.8, PLAN 3.1, PLAN 3.2, PLAN 3.4
16	*Documento "Plano do projeto de melhoria". Contém as diretrizes do projeto de melhoria contínua da organização*	DOC	PLAN	GOV 1.1, GOV 2.2, PCM 3.4
17	*Tarefa de análise decisão e resolução (DAR)*	ATV	PLAN	TS 3.5
18	*Aprovação dos requisitos de negócio*	ATV	AR	RDM 3.7
19	Documento de visão. Documento que contém a descrição macro da necessidade do negócio	DOC	AR	EST 2.2, RDM 2.2, RDM 2.4, RDM 2.5, RDM 3.2, RDM 3.6
20	*Elaborar relatório da revisão técnica (revisão por par). Relatório com as recomendações de um segundo profissional de mesmo perfil a respeito de um documento*	DOC	AR	PR 3.1
21	*Atividade de Revisão técnica.*	ATV	AR	PR 1.1, PR 2.3, PR 2.4, RDM 2.6, RDM 3.5
22	*Especificação funcional. Detalhamento dos requisitos de negócio, com as regras e restrições.*	DOC	AR	EST 2.1, RDM 1.1, RDM 2.2, RDM 2.3, RDM 2.5, RDM 3.1, RDM 3.2, RDM 3.3, RDM 3.4, TS 2.1, TS 2.3, TS 3.5
23	Estimativa inicial do tamanho do projeto.	DOC	AR	EST 1.1
24	*Levantamento de requisitos. Evidências, como registro de reuniões, vídeos para atividade de levantamento.*	ATV	AR	RDM 2.1, RDM 3.6
25	*Protótipo funcional. Tela com a proposta de estrutura do software*	DOC	AR	RDM 3.2, RDM 3.3, RDM 3.4, RDM 3.6, TS 2.1, TS 2.3
26	*Requisitos não funcionais do software, como usabilidade, segurança, desempenho, confiabilidade, tecnologias e outros.*	DOC	AR	TS 2.1, TS 3.6
27	Ambiente dos projetos. (desenvolvimento, testes, homologação e outros, se necessário)	AMB	CS	II 2.1, PLAN 3.4, VV 2.2
28	*Critérios de produto/software pronto. Checklist para entendimento da equipe*	DOC	CS	CAR 3.3, PI 3.2, TS 2.2
29	*Documento de arquitetura da solução*	DOC	CS	RDM 3.2, RDM 3.4, TS 2.1, TS 3.5
30	*Especificação técnica. Documento com detalhamento técnico para atender aos requisitos de negócio.*	DOC	CS	RDM 2.3, RDM 3.2, RDM 3.3, RDM 3.4, RDM 3.5
31	Ferramenta de integração contínua. (Jenkins)	FMT	CS	PI 1.1, PI 2.2, PI 2.3, PI 2.4, PI 2.6, PI 3.1, PI 3.2, TS 1.1, TS 2.2
32	*Modelo de análise decisão e resolução (DAR). Documento que suporta um decisão em conjunto, através de notas quando há várias alternativas para uma solução.*	DOC	CS	DAR 1.1, DAR 1.2, DAR 2.1, DAR 2.2, DAR 2.3, DAR 2.4, DAR 2.5, DAR 3.1, TS 3.1, TS 3.2, TS 3.3, TS 3.4
33	*Aprovação da homologação*	ATV	TST	RDM 3.7

Id	Ativo	Tipo	SB	Identificação da(s) prática(s)
34	*Critérios de aceitação do produto. Checklist para aceite pelo usuário*	DOC	TST	CM 1.1, PI 2.6, PI 3.1, PI 3.3, TS 2.2
35	Evidências de testes	DOC	TST	MC 2.3, PI 3.1, PI 3.3
36	*Ferramenta de gestão de bug tracker. Sugestão: Mantis é software livre, sem custo para utilização*	FMT	TST	VV 2.3
37	*Ferramenta de gestão de testes. (Testlink)*	FMT	TST	PI 3.1, RDM 2.6, VV 1.1, VV 1.2, VV 2.3, VV 3.1
38	*Plano gestão de testes*	DOC	TST	MC 2.3
39	Plano tático de treinamento	DOC	TST	OT 2.2, OT 3.1, OT 3.2, OT 3.3, OT 3.4
40	*Tarefa de bug. Erro ou falha no software desenvolvido*	ATV	TST	VV 2.3
41	*Tarefas cronograma*	ATV	TST	EST 2.3, MC 1.1
42	*Estimativa final do tamanho do projeto*	DOC	IMP	EST 2.2
43	Plano de implantação	DOC	IMP	PI 2.1, TS 2.3
44	*Plano de medição. Plano consolidado com os indicadores dos projetos, base de dados histórica dos indicadores, plano de ação se fora da meta esperada.*	DOC	MC	GOV 2.3, MPM 2.1, MPM 2.2, MPM 3.1, MPM 3.2, PAD 3.7
45	*Rastreabilidade do requisito funcional, com todos os artefatos, código e bugs gerados ao longo do projeto*	DOC	MC	RDM 2.5
46	*Documento "Status report". Documento gerado para reportar o andamento do projeto para o cliente e para a organização*	DOC	MC	EST 2.3, EST 3.1, EST 3.2, II 3.1, II 3.3, MC 1.2, MC 2.1, MC 2.2, MC 2.4, MC 3.1, MC 3.3, MC 3.4, MPM 1.1, MPM 2.3, MPM 2.4, MPM 2.5, MPM 3.2, MPM 3.4, PCM 3.3, PLAN 2.2, PLAN 2.6, PLAN 2.7, PLAN 3.1, PLAN 3.2, PLAN 3.3, RSK 2.2, VV 3.2
47	Avaliação de efetividade de treinamento. Após período de realização do treinamento, avaliar se o mesmo foi efetivo para as atividades	ATV	OT	OT 3.6
48	*Avaliação do treinamento*	DOC	OT	OT 3.5
49	*Lista de presença de treinamento*	DOC	OT	OT 1.1, OT 2.2
50	*Mapa de competências. Documento que contém as habilidades, treinamento dos consultores da organização*	DOC	OT	GOV 2.4, GOV 3.2
51	Plano estratégico de treinamento	DOC	OT	OT 2.1, OT 3.1
52	*Projeto de treinamento organizacional. Projeto que controla as atividades de treinamento*	ATV	OT	OT 3.2
53	*Execução do treinamento planejado*	ATV	OT	OT 3.6
54	*Repositório com material de treinamento*	FMT	OT	OT 3.4, OT 3.6
55	Atividade de treinamento nos processos e ativo organizacional	ATV	OT	II 2.1
56	*Atividade de auditoria de qualidade interna e externa*	ATV	AQ	II 2.2, II 3.2, PQA 1.1, PQA 2.4
57	*Atividade de não conformidade. Atividade de divergência do que está definido no processo*	ATV	AQ	CM 2.6, PQA 2.3

Id	Ativo	Tipo	SB	Identificação da(s) prática(s)
58	*Checklist de qualidade de configuração*	DOC	AQ	CM 2.6, MPM 3.3, PQA 2.1
59	Checklist de qualidade de processos	DOC	AQ	MPM 3.3, PQA 2.3
60	*Checklist de qualidade de produto*	DOC	AQ	MPM 3.3, PI 2.4, PI 3.2, PQA 2.2, PR 1.1, RDM 2.6, TS 2.2
61	*Checklist de qualidade de projeto*	DOC	AQ	MPM 3.4, PQA 2.2
62	*Processo auditoria qualidade. Definição das atividades de auditoria interna, externa e periodicidade*	ATV	AQ	PQA 1.1, PQA 2.1
63	Relatório de auditoria externa. Auditoria realizada por agente externo a organização	DOC	AQ	PCM 1.2
64	*Relatório de auditoria interna. Auditoria realizada por equipe interna da organização*	DOC	AQ	PCM 1.3
65	*Biblioteca de ativos. Conjunto dos artefatos (modelos e documentos)*	DOC	GOV	PAD 1.1, PAD 2.1, PAD 3.3, PAD 3.5
66	*Dashboard dos indicadores de projeto e organizacional*	DOC	GOV	MPM 3.4
67	Documento de Estratégia de integração contínua do projeto	DOC	GOV	PI 2.1, PI 2.2, PI 3.1
68	*Documento "Guia de estimativa" contém as orientações para estimar o tamanho das atividades de um projeto*	DOC	GOV	EST 3.1
69	*Histórico de revisão dos documentos*	DOC	GOV	CM 1.1, CM 2.2, CM 2.4, CM 2.5
70	*Lista e análise de gap, que contém os requisitos aderentes as exigências da certificação e o que precisa ser realizado para atender integralmente todas as exigências*	DOC	GOV	PCM 1.2, PCM 3.3
71	Mapa do Processo	DOC	GOV	PAD 2.1, PAD 3.1, PAD 3.2
72	*Plano estratégico da organização*	DOC	GOV	GOV 2.1, PCM 3.1, PCM 3.2
73	*Política que descreve a adoção da(s) certificação(ões) e selo(s) da organização*	DOC	GOV	GOV 2.4, PAD 2.1, PCM 3.1, PCM 3.2
74	*Política que deve tratar a estratégia de gestão de riscos e oportunidades*	DOC	GOV	RSK 3.1, RSK 3.2, RSK 3.3
75	Política que descreve a estratégia de verificação e validação	DOC	GOV	PI 2.3, PR 2.1, VV 2.1
76	*Política que descreve a estratégia do ciclo de vida do processo de desenvolvimento de software*	DOC	GOV	PAD 3.4
77	*Política que descreve as regras de formação de equipes para os projetos*	DOC	GOV	PLAN 2.2
78	*Política que descreve a estratégia de configuração*	DOC	GOV	CM 2.1, CM 2.2, CM 2.5
79	Política que descreve os indicadores de desempenho projeto e organizacional	DOC	GOV	EST 3.2, GOV 2.3, GOV 3.1, II 3.1, MC 2.1, MPM 1.1, MPM 1.2, MPM 2.3, MPM 2.4, MPM 2.5, MPM 2.6, MPM 3.4, MPM 3.5, MPM 3.6, PCM 3.6
80	*Política que descreve o ambiente padrão de trabalho*	DOC	GOV	PAD 3.6, PLAN 3.4

Id	Ativo	Tipo	SB	Identificação da(s) prática(s)
81	*Portfólio de ativos organizacionais*	DOC	GOV	CM 2.1, CM 2.5, PR 2.2
82	*Projeto de melhoria. Projeto que controla as atividades do processo de melhoria*	ATV	GOV	PAD 2.2, PCM 1.1, PCM 2.2, PCM 3.4
83	Comunicar os resultados para alta direção	ATV	GOV	MPM 3.6
84	*Registro de reunião*	DOC	GOV	RDM 2.1
85	*Repositório biblioteca de ativos*	FMT	GOV	PAD 2.3, PAD 3.2, PAD 3.3, PAD 3.5
86	*Repositório de código*	FMT	GOV	CM 1.1, CM 2.2, CM 2.4, CM 2.5
87	*Repositório de documentação*	FMT	GOV	CM 2.4, CM 2.5
88	*Seleção dos documento para revisão técnica*	DOC	GOV	PR 2.2

Quadro 1 – CMMI-DEV v2.0 ML3 Matriz de ativos e referências das práticas para.

De forma consolidada, para atender as 172 práticas obrigatórias para o atingimento do ML3 na versão 2.0 tem-se, que :

1. Disponibilizar ambientes (AMB) de desenvolvimento, testes, homologação e outros, se necessário. Entende-se que esses três ambientes atendam ao requisito mínimo.
2. Evidenciar 22 Atividades (ATV) e 57 documentos (DOC). Para gerar esses documentos, se faz necessário criar pelo menos 57 atividades no processo. Para elaborar esses documentos, é importante criar modelos de forma que se possa repetir o padrão para outros projetos. Para melhorar o entendimento das atividades e documentos, é importante recorrer ao modelo na prática destacada no Quadro 1, onde há as exigências do que precisa ser atingido (CMMI Institute, 2018).
3. Implantar ferramentas (FTM). Esse processo deve ser suportado por ferramentas de forma a acelerar a implantação e reduzir o risco de não atendimento aos requisitos. As ferramentas referenciadas são gratuitas para implementação de forma a reduzir os custos: Redmine (gestão de projetos); Testlink (gestão de testes), Mantis (gestão de erros); Jenkins (integração contínua). Também é necessário ter um repositório organizacional para armazenamento dos produtos gerados.

Entende-se que, com esse conjunto de orientações, indicações (macroprocesso, atividades, documentos, ferramentas e ambientes) e o cruzamento dos ativos por prática detalhada, consegue-se ter uma direção do que precisa ser feito para implantar de forma viável o CMMI-DEV ML3 v 2.0 nas PMEs. Além disso, essas empresas conseguirão redução de retrabalho, prazos e por consequência custos, assim como obterão uma melhor qualidade do software gerado.

4. Conclusões

Esta pesquisa apresentou uma abordagem qualitativa e quantitativa de todo o modelo CMMI-DEV v2.0 desdobrado em 4 Categorias, 9 áreas de capacidade, 21 áreas de prática e 203 práticas. O trabalho buscou dar visibilidade das práticas obrigatórias (186) e

opcionais (17), bem como quantificar as práticas em cada nível de maturidade, sendo ML1 (32), ML2 (82), ML3 (74), ML4 (11) e ML5 (4), de forma a dar transparência das exigências quantitativas para alcançar cada nível.

Como descrito, há poucos trabalhos que apresentam propostas para tratar aspectos relacionados a implementação dos modelos de qualidade. Além disso, para o CMMI-DEV v 2.0, por se tratar de um modelo novo, há poucas referências bibliográficas e menos de cem empresas, em todo o mundo, implantaram essa nova versão. Observou-se também, que 82% das certificações ativas são de nível 3. Esse percentual reforça a necessidade de dar maior visibilidade do que precisa ser feito para alcançar esse nível de maturidade.

De forma a atender as exigências do referido nível, ML3, apresentou-se uma proposta do macroprocesso principal para Gestão de Desenvolvimento de Software, e os macroprocessos de apoio Auditoria de Qualidade, Treinamento Organizacional e Governança, exigidos para implantação do modelo; e também a definição dos 88 ativos que atendem as 172 práticas obrigatórias para o nível 3. Esses ativos são gerados pelos subprocessos, produzindo as evidências, sejam pela execução das atividades ou pela geração de documentos. Essas evidências devem ser geradas nos ambientes (desenvolvimento, testes ou homologação) e todo esse contexto deve ser suportado pelas ferramentas (Redmine, Testlink, Mantis e Jenkins) recomendadas, de forma a mitigar os riscos das exigências e reduzir o custo da implantação.

A identificação de todas as práticas por ativo gerado, acelera o conhecimento da exigência e reduz retrabalho, pois pode-se aproveitar para várias práticas a mesma evidência, desde que tenha sido planejada.

Com o conhecimento do modelo, processo e ativos entende-se ser possível agilizar a adoção e implementação do CMMI-DEV ML3 nas PMEs, e com isso, obter a melhoria da qualidade, redução do custo, aumento do desempenho e produtividade, sendo um diferencial competitivo para as empresas que adotam esse padrão.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se: a) verificar a listagem de ativos em uma implantação do modelo CMMI-DEV ML3; b) elaborar a matriz de ativos para ML4 e ML5 (100% do modelo); c) detalhar o processo desenvolvimento de software, com as atividades e documentos; d) propor a automatização das atividades manuais, e; e) Elaborar revisão sistemática para implantação do CMMI e incluir pesquisa de campo com os usuários do modelo.

Referências

Almomani, M. A. T., Basri, S., Mahamad, S., & Bajeh, A. O. (2014). Software Process Improvement Initiatives in Small and Medium Firms: A Systematic Review. *2014 3rd International Conference on Advanced Computer Science Applications and Technologies*, 162–167. https://doi.org/10.1109/ACSAT.2014.35

Ardana, I. M. S., & Suharjito. (2017). Software development evaluation process using CMMI-Dev on limited resources company. *2017 3rd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)*, 319–324. https://doi.org/10.1109/ICSITech.2017.8257132

Ayyagari, M. R., & Atoum, I. (2019). CMMI-DEV Implementation Simplified. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *10*(4). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100455

CMMI Institute. (2020b). *CMMI Appraisal System (CMMI v2.0)*. https://cmmiinstitute.com/pars/?StateId=1514d146-7002-45dd-affa-88c19e8a3733

CMMI Institute. (2020a). *Published Appraisal Results (CMMI v1.3)*. https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx

CMMI Institute. (2018). *CMMI Model V2.0*. CMMI Institute an ISACA Enterprise.

CMMI Institute. (2019a). *CMMI Institute—CMMI Adoption Trends—2019 Mid Year Update*. https://cmmiinstitute.com/resource-files/public/cmmi-adoption-trends-2019-mid-year-update

Garcia, F. W. da S., Oliveira, S. R. B., & Salviano, C. F. (2016). Uma abordagem metodológica para a implementação multi-modelos de qualidade de software adotando CERTICS e CMMI-DEV. *Revista Eletrônica de Sistemas de Informação*, *15*(2), 1. https://doi.org/10.21529/RESI.2016.1502001

Miramontes, J., Muñoz, M., Calvo-Manzano, J. A., & Corona, B. (2016). Establecimiento del estado del arte sobre el aligeramiento de procesos de software. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *17*, 16–25. https://doi.org/10.17013/risti.17.16-25

Muñoz, M., & Peralta, M. (2020). Situación actual sobre la implementación del perfil básico ISO/IEC 29110 en EMP: Una revisión sistemática de la literatura. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *36*, 1–14. https://doi.org/10.17013/risti.36.1-14

Rocha, A. R., Zabeu, A. C., & Machado, C. F. (2018). MR-MPS-SW:2016 and CMMI-DEV v2.0: An Initial Experience of Harmonization. *Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Software Quality - SBQS*, 287–295. https://doi.org/10.1145/3275245.3275285

Rocha, Á., & Vasconcelos, J. (2003). *Reflexão sobre a Aplicação de Modelos do Software Engineering Institute no Diagnóstico e na Melhoria da Maturidade do Processo de Desenvolvimento de Software*. 15.

SEI, S. E. I., & CMU, C. M. U. (2013). *CMMI Services To Be Provided Through New CMMI Institute*. https://www.sei.cmu.edu/news-events/news/article.cfm?assetid=54001

Silva, F. S., Soares, F. S. F., Peres, A. L., Azevedo, I. M. de, Vasconcelos, A. P. L. F., Kamei, F. K., & Meira, S. R. de L. (2015). Using CMMI together with agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, *58*, 20–43. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.09.012

Silveira, V. N. S. (2009). The maturity multi-Level models: A brief report of its history, dissemination and application on people management by People Capability Maturity Model (P-CMM). *Revista de Administração Contemporânea*, *13*(2), 228–246. https://doi.org/10.1590/S1415-65552009000200005

Sommerville, I. (2011). *Software engineering* (9th ed). Pearson.

Song, X. J., & Zeng, Z. L. (2014). Research on Application of Software Engineering Theory in Software Development. *Applied Mechanics and Materials*, *687–691*, 1921–1924. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.687-691.1921

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/10/2020
Aceitação/Acceptance: 19/12/2020

Análisis de Sentimientos en los Mensajes Recibidos en el Entorno Virtual de Aprendizaje de la Modalidad Abierta y a Distancia de la UTPL

Junior Ulises Sinche Salinas[1], Juan Carlos Torres Diaz[2]

jusinche@utpl.edu.ec; jctorres@utpl.edu.ec

[1] Escuela de Ciencias de la Computación, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

[2] Escuela de Ciencias de la Computación, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

Pages: 98-113

Resumen: En el presente trabajo tiene como objetivo analizar y clasificar por medio de técnicas de aprendizaje automático el texto los mensajes enviados a través del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la Universidad Técnica Particular de Loja con la finalidad de conocer el nivel de positivismo o negativismo de los estudiantes. Se identifica y aplica distintos métodos de minería de texto para calcular la polaridad de los mensajes. El proceso tiene diversas fases qué parten luego de la obtención de información del EVA, se procede a almacenar los mensajes en un repositorio para iniciar con la limpieza de datos, en la cual se eliminan todos aquellos caracteres que no aporten en el análisis y dejarlos en un formato establecido. Se ejecuta el "Análisis de Sentimientos" para ello utilizaron diferentes métodos de clasificación: R utilizando Tidy, en java el framework stanford.nlp, con Python se ejecutaron los métodos: Naive Bayes, máquina de vectores soporte y el paquete Textblob. En el resultado consolidado se observó que existió un 84.14% mensajes positivos, un 12.32% negativos y finalmente con el 3.54% de mensajes neutros.

Palabras-clave: Análisis de Sentimientos; Aprendizaje automático; Minería de Texto

Analysis of Feelings in Messages Received in the Virtual Learning Environment of the Open and Distance Modality of the UTPL

Abstract: This project pretends to analyze and classify the messages sent through the Virtual Learning Environment (EVA) of the Technical University of Loja. The aim of it is to know the level of positivism or negativism on students through automatic learning techniques. Different text mining methods are identified and applied to calculate the polarity of messages. The process has several phases. First, it starts by obtaining information from EVA. Then, the messages are stored and analysed in a repository, the data which does not contribute is eliminated and left in an established format. The "Sentiment Analysis" is executed for this; it uses different classification methods: R using Tidy, in java the stanford.nlp

framework, with Python the methods were executed: Naive Bayes, support vector machine and the Textblob package. In the consolidated result, it was observed that there were 84.14% positive messages, 12.32% negative and finally with 3.54% of neutral messages.

Keywords: Sentiment Analysis; Machine Learning; Text Mining.

1. Introducción

Cuando aún no existía la web 2.0 las opiniones eran expresadas individualmente y de primera mano, es decir había una comunicación directa entre las personas siendo esto un factor esencial para la toma de decisiones. En la actualidad los comentarios hechos por usuarios y ex usuarios de algún producto o una marca se encuentra a disposición de un sinnúmero de personas a través de la web, donde se expresa públicamente los distintos puntos de vista sobre diversos temas e implícitamente se comparte emociones y sentimientos lo cual impacta en diferentes tipos de negocios (Khanna et al., 2018, Fernández et al., 2011, Sanzón et al., 2015). Con el desarrollo de la tecnología web 2.0, muchos usuarios expresan sus ideas libremente a través de reseñas, blogs, artículos de noticias, tweets, entre otros generando información que contiene opiniones. Usando redes sociales: políticos, marcas, pequeñas y grandes empresas, comercio electrónico, entretenimiento, turismo, medicina, banca, entre otros poseen una excelente vía para llegar a sus adeptos a los cuales se les envía publicidad con contenido informativo. Con las actuales condiciones tecnológicas se permite a las personas mantenerse conectadas 24/7, en consecuencia, ser muy activas en plataformas sociales (como chat, conferencias, transacciones en línea, comercio electrónico, etc.) (Kusen and Strembeck, 2018, Saleena et al., 2018, Daniel et al., 2017, Kamyab et al., 2018, Landñez and Rodríguez, 2019, Feldman et al., 2011, Cardoso et al., 2019), definitivamente Internet ha cambiado la forma en que las personas se expresen sobre productos o servicios (Kapociute-Dzikiene et al., 2019, Chen et al., 2018, Landñez and Rodríguez, 2019). Los medios digitales se han convertido en un nuevo medio de comunicación (Boldrini et al., 2012).

(Daniel et al., 2017) menciona que los mensajes son enviados con mayor frecuencia cuando ocurren determinados eventos, estos a menudo tienen dos propiedades:

- Son a gran escala.
- Influyen en la vida cotidiana de las personas (productos, desastres naturales, promociones, debates políticos…).

Las técnicas de análisis de sentimientos están basadas en dos enfoques: aprendizaje automático (Aprendizaje Supervisado) y basados en el léxico (Aprendizaje No Supervisado). Los enfoques basados en el aprendizaje automático son independientes del idioma, estos aplican algoritmos de aprendizaje automático como las máquinas de vectores de soporte, redes neuronales, Naïve Bayes, entre otras (Kamel et al., 2019). Por otro lado, el análisis del sentimiento basado en el léxico utiliza un conjunto de palabras y frases con una ponderación numérica.

2. Trábajos relacionados

(Ren et al., 2016) utiliza el clasificador Support Vector Machine (SVM) y propone la inclusión de palabras mejoradas para el análisis de sentimientos. Se presentan modelos para descubrir la polaridad de mensajes obtenidos en Twitter. El primer modelo extrae las características léxico-sintácticas de cada tweet.

(Xiong et al., 2018) propone utilizar etiquetas de sentimientos tanto a nivel de palabras del léxico como a nivel del mensaje con la inclusión de palabras enriquecidas, además, desarrolla un método de aprendizaje automático con la inclusión de estas palabras en sentimientos de múltiples niveles.

(Symeonidis et al., 2018) muestra como pre-procesamiento es el primer paso en la clasificación de texto con técnicas adecuadas mejora se notablemente en catalogar los mensajes. Para el pre-procesamiento se usan cuatro algoritmos de aprendizaje automático: SVC lineal, Bernoulli Naïve Bayes, Regresión logística y Redes neuronales. Las técnicas como la lematización, eliminar números y reemplazar contracciones, mejoran la precisión, mientras que otras como eliminar la puntuación no lo hacen.

(Kapociute-Dzikiene et al., 2019) utilizo métodos tradicionales de aprendizaje automático con representaciones discretas sobre todo para la lematización. En el pre-procesamiento: reemplazo de emoticones con las palabras de sentimiento, eliminación de palabras de detención, eliminación de diacríticos[1]. Se usó Support Vector Machine con una precisión de 0.724. Existió una mejor clasificación con el método Multinomial Naïve Bayes con una precisión de 0.735. Con la red neuronal convolucional tuvo un rendimiento inferior con una brecha de precisión de a 0,3.

En Ecuador ya existe un trabajo previo, (Gómez-Torres et al., 2018) realizó el análisis de sentimientos en los comicios electorales en Ecuador donde el tamaño de la muestra de la Precampaña Electoral fue de: 17818 mensajes (28 octubre 2016 - 18 febrero 2017) los cuales fueron obtenidos de Twitter en el cual se vio una mayor proporción de mensajes negativos (8827), seguido por los neutros (4727) y luego los positivos (4264). Se evidencia que existe el rechazo a la figura política del expresidente Rafael Correa, por consiguiente, existe la aceptación del nuevo mandatario Lenin Moreno.

3. Metodología

Para el proceso de análisis de sentimientos se realizó una serie de pasos hasta llegar a los resultados del análisis, esto se lo puede apreciar en la Figura 1. Se usaron distintos tipos de herramientas, cada una con un objetivo específico para cumplir cada etapa del proceso.

3.1. Recolección de la información

Este es un primer paso para la implementación del análisis de sentimientos. Consiste en obtener la información desde algún repositorio el cual puede ser uno de acceso privado como una base de datos o de acceso público como una red social.

[1] Diacrítico: Que da un valor especial a una letra para decidir una posible ambigüedad.

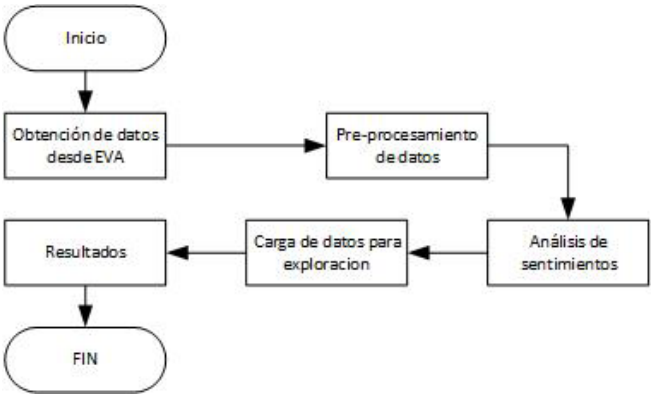


Figura 1 – Proceso general para el análisis de sentimientos

- Para obtener información desde una base de datos se debe crear los scripts que permitan esta extracción.
- En el caso de que se requiera obtener la información desde una red social como Twitter, existe un proceso llamado Web scraping, esto es una técnica que con programas de software usualmente se simula la navegación de un usuario en un sitio web para ir obteniendo la información de los mensajes que posteriormente serán analizados (Ozturk and Ayvaz, 2018, Tomé Sanz, 2013, Montesinos García, 2014, Mitchell, 2018)

3.2. Limpieza de los datos

En esta parte del desarrollo se realizan procesos de limpieza de datos donde se eliminan todos aquellos caracteres que no proporcionan información relevante para el análisis de sentimientos como direcciones de correo, direcciones web, hashtag, caracteres extraños y numéricos, palabras de parada, eliminar espacios demás, entre otros para luego transformar todos los mensajes en un determinado formato que se pueda realizar el análisis, por ejemplo, todo el texto en minúsculas sin ningún signo de puntuación (Hangya and Farkas, 2017, Sanchez-Holgado and Arcila-Calder_on, 2018, Sanz_on et al., 2015).

3.3. Análisis de los sentimientos

En este paso se ejecutan los diversos métodos de clasificación para definir si un mensaje es positivo, negativo o neutro se usan métodos de aprendizaje automático los cuales se fundamentan en estadísticas, conjuntos de entrenamiento o modelos matemáticos. Para ello se tiene que elegir los métodos más adecuados para esta labor (Ghiassi and Lee, 2018, Medina Sada et al., 2017, Kapociute-Dzikiene et al., 2019, Sanzón et al., 2015).

De forma general los métodos de aprendizaje automático se clasifican en tres grupos: aprendizaje automático supervisado, aprendizaje automático no supervisado y Métodos híbridos los cuales son una combinación de los dos anteriores.

4. Arquitectura de la implementación

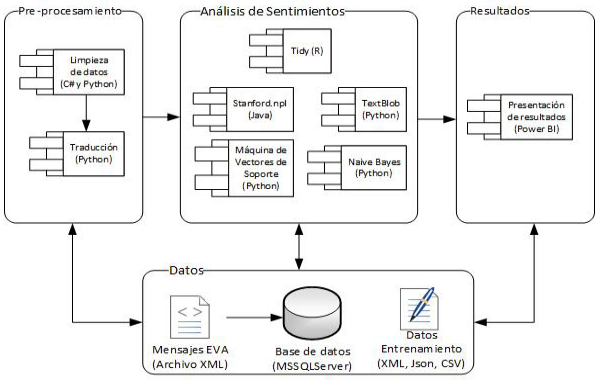


Figura 2 – Diagrama de componentes que forman parte de la solución implementada en AS

En la implementación de análisis de sentimientos fue necesario la creación de algunos componentes que ayudan a cumplir con cada una de las fases del proceso, de forma general existen cuatro módulos los cuales pueden ser vistos de forma gráfica en la Figura 2 y se describen a continuación:

- **Módulo de datos**: Es el responsable del manejo de datos como tal, con este módulo se migró la información a una base de datos relacional desde un archivo XML que contiene los mensajes del EVA. Además, fue utilizado en la manipulación de los conjuntos de entrenamiento para los métodos de aprendizaje supervisado. Este módulo es transversal a todos los demás porque todos los módulos usan datos de entrada para ejecutar las respectivas operaciones.
- **Módulo de Pre-procesamiento**: Con este componente se realizó la limpieza de los datos y luego la traducción al idioma ingles de los mensajes de texto con el fin que puedan ser clasificados por determinados métodos que lo requieren.
- **Módulo de Análisis de Sentimientos**: En esta parte se clasifican los mensajes como positivos, negativos y neutros según sea el método. Se utilizaron cinco métodos de análisis de los cuales tres métodos necesitan un set de datos para realizar la clasificación y los otros dos son implementaciones que pueden ser consumidas con la respectiva API.
- **Módulo de Resultados**: Se encarga de presentar los resultados de la clasificación de los mensajes con una herramienta de inteligencia de negocios, la representación se la realiza de forma gráfica para mayor facilidad de entendimiento de los valores obtenidos.

5. Herramientas

En el proceso de análisis de sentimientos se usaron diversas herramientas en cada una de las etapas, cada herramienta tiene un objetivo específico.

5.1. Visual studio. C#, MSSQL SERVER

Se utilizó Microsoft Visual Studio Community 2017[2] con lenguaje C# para la lectura del archivo de mensajes el cual tiene un gran tamaño y está en formato XML. Microsoft SQL Server[3], en el cual se almacenó los resultados del análisis de sentimientos en una tabla, pues es muy fácil de manipular con sentencias SQL.

5.2. R. Rstudio

RStudio[4] es un IDE para trabajar en lenguaje de programación R[5]. Para el presente trabajo se utilizó una serie de paquetes adicionales a los incluidos en la instalación de R como Tidy[6] con la finalidad especifica de realizar el análisis de sentimientos.

5.3. Pyton. Anaconda

Anaconda[7] es un IDE para trabajar en lenguaje de programación Python[8], donde se usaron librerías como: **pyodbc** en la conexión a la base de datos Sql Server para almacenar los resultados de los diversos procesos. **textblob** posee una funcionalidad que permite ejecutar el análisis de sentimientos el mismo que calcula la polaridad y subjetividad, adicional posee el clasificador **NaiveBayesClassifier** el mismo que permite realizar la implementación del método de Naive Bayes. **scikit-learn** es una librería de código abierto, con la que se realizó la clasificación utilizando máquinas de vectores de soporte.

5.4. Java. Netbeans

Java[9] con NetBeans Ide[10] en conjunto con el paquete stanford.nlp[11] para el procesamiento de lenguaje natural el cual posee varios utensilios tecnológicos para el trabajo con lenguaje humano. Como gestor de librerías se utilizó Maven[12].

[2] Obtenido en: https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/community/
[3] Obtenido en: https://www.microsoft.com/es-es/sql-server/
[4] Obtenido en: https://rstudio.com/products/rstudio/
[5] Más información en: https://www.r-project.org/about.html
[6] Más información en: https://www.tidytextmining.com/tidytext.html
[7] Obtenido en: https://www.anaconda.com/
[8] Más información en: https://www.python.org/
[9] Más información en: https://www.java.com/es/about/whatis_java.jsp
[10] Más información en: https://netbeans.org/
[11] Más información en: https://nlp.stanford.edu/software/
[12] Más información en: https://maven.apache.org/guides/getting-started/maven-in-five-minutes.html

5.5. Power BI

Power BI (PBI)[13] es una herramienta para inteligencia de negocios, que se utilizó para graficar los resultados obtenidos de la investigación. Esta herramienta permite realizar el análisis de los datos de forma local, posee distintos tipos de gráficos los cuales se usaron según la necesidad de mostrar la información.

6. Obtener la información desde el EVA

El análisis de sentimientos fue realizado a los mensajes recibidos desde el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la Universidad Técnica Particular de Loja. Esta información fue proporcionada en un archivo de texto plano en formato XML el cual contiene las columnas necesarias de información para realizar este análisis. En la Figura 3 se puede observar un mensaje de texto enviado por una persona en el cual se visualiza el mensaje en formato XML el mismo que consta de un identificador de mensaje o clave única, el usuario que envía, para quien envía, el asunto, el contenido del mensaje, la fecha de envió entre los datos relevantes para el análisis. El archivo proporcionado tiene un peso de 3,39 GB que contiene 1.113.913 mensajes repartido en 22.065.536 líneas de texto plano.

```
<data>
    <row>
        <id>100215396598</id>
        <useridfrom>521406/useridfrom>
        <useridto>270285/useridto>
        <SUBJECT>Mensaje nuevo de (NOMBRE1 NOMBRE2 APELLIDO1 APELLIDO2)</SUBJECT>
        <fullmessage>Hola compañera buenas noches, de pronto usted sabe de algun grupo que
        ya exista para la ayuda de esta materia para poder ayudarnos, sino para hacerlo y
        darnos una manito . Le dejo mi numero 0999999999. gracias
        ---------------------------------------------------------------------Ésta es una
        copia del mensaje que se le ha enviado en &quot;EVAplus&quot;. Vaya a
        https://eva3.utpl.edu.ec/message/index.php?user=270285&amp;id=521406 para
        contestar.</fullmessage>
        <fullmessageformat>0</fullmessageformat>
        <fullmessagehtml></fullmessagehtml>
        <smallmessage>Hola compañera buenas noches, de pronto usted sabe de algun grupo
        que ya exista para la ayuda de esta materia para poder ayudarnos, sino para
        hacerlo y darnos una manito . Le dejo mi numero 0999999999. gracias </smallmessage>
        <notification>0</notification>
        <contexturl>(NULL)</contexturl>
        <contexturlname>(NULL)</contexturlname>
        <timecreated>1554163233</timecreated>
        <fecha>2019-04-01 19:00:33</fecha>
    </row>
    ..............
    ..............
</data>
```

Figura 3 – Formato XML del archivo con los mensajes proporcionados desde el EVA.

7. Pre-procesamiento de los datos

7.1. Limpieza de los datos

Los mensajes contienen caracteres, símbolos y palabras, como pronombres, preposiciones y artículos que no sirven para el cuantificar la polaridad motivo por el cual debe ser suprimida esta información. El uso de técnicas apropiadas puede mejorar la efectividad de clasificación. La preparación de los datos involucra tener mensajes limpios, por ejemplo, el mensaje en texto plano y en minúsculas (Xing et al., 2019, Kusen and Strembeck, 2018, Saleena et al., 2018, Xiong et al., 2018, Symeonidis et al., 2018,

[13] Obtenido en: https://powerbi.microsoft.com/es-es/}

Kamyab et al., 2018, Hangya and farkas, 2017, Sanchez-Holgado and Arcila-Calderon, 2018, Sanzon et al., 2015, Montanes et al., 2018, Vazquez et al., 2016). La limpieza involucra lo siguiente:

- Eliminar cadenas unicode que no son parte de lenguaje, caracteres especiales como signos matemáticos o de puntuación, por ejemplo: +-* \%.
- Eliminar direcciones web (URLs), direcciones de correo electrónico, hashtags, nombres de usuario precedidos por el @ como @user, o algún identificador electrónico. Esto se hace usando expresiones regulares.
- Eliminar etiquetas HTML o XML en general, las mismas que pueden estar codificadas.
- En el caso del idioma español, existen caracteres especiales, los cuales pueden estar codificados, esto depende de cómo estan almacenados. Por ejemplo: la letra ñ o las vocales con tilde.
- Transformar todas las palabras a minúsculas.
- Palabras vacias o stopwords, ya que estas palabras no aportan valor ningún sentimiento, por ejemplo: el, los las, ellos ellas, yo tu nosotros, entre otras.

7.2. Transformación

Este es el último paso del pre-procesamiento que consiste en dejar la información en un **formato específico** para que pueda ser interpretado en la siguiente fase. Lo que implica es que la salida de este proceso es la entrada del siguiente por tal motivo tiene que tener las columnas necesarias en formatos preestablecidos. Dos de las columnas que siempre debe tener es el identificador del mensaje (este campo tiene que ser único) y el mensaje.

8. Experimentación y resultados

Es importante señalar que inicialmente existieron **1.113.913** mensajes, luego de realizar los procesos de limpieza se quedaron un total de **720.176** mensajes válidos. Debido a que no se tomó en cuenta aquellos mensajes enviados por el mismo sistema como los de bienvenida o respuestas automáticas, tampoco se tomó en cuenta los mensajes que luego de la limpieza quedaron vacíos.

8.1. R, Tidy

El primer análisis se lo realizó utilizando lenguaje R por medio de la librería **tidytext**. El corpus para la detección de sentimientos en los mensajes se realizó a mediante el léxico AFFIN. Por medio de este método se reemplazan las palabras que están contenidas en el diccionario por sus respectivas puntuaciones, sí no existen las palabras del diccionario se asigna un valor de 0 (Daniel et al., 2017, Landínez and Rodríguez, 2019, Fernández et al., 2015). Un paquete que se usó es tidyverse que permite importar múltiples paquetes que facilita el análisis y manipulación de datos, tidytext que contiene las herramientas para manipular texto, tm[14] que contiene herramientas de minería de textos.

[14] Más información en: https://cran.r-project.org/web/packages/tm/index.html

La puntuación de cada mensaje es: 5 a 1 para Positivos. De -5 a -1 para negativos, y 0 para valores Neutros.

8.2.TextBlob

TextBlob es una librería de Python para el procesamiento de texto. Provee un API que permite, traducción, clasificación (Naive Bayes), el etiquetado de frases y esencialmente el análisis de sentimientos en idioma ingles (Loria, 2018, Daniel et al., 2017). En este método es importante que el mensaje este en idioma inglés por lo que fue necesario hacer la traducción con esta misma librería. Hay que mencionar que este paquete utiliza el traductor de Google[15] por lo que se puede hacer limitadas de veces el llamado al método de traducción porque se lo está haciendo de forma anónima.

Debido a que existe la restricción por el número de llamadas a las traducciones un paso previo al análisis de sentimientos fue traducir todos los mensajes a inglés para ello se utilizaron además de textBlob otras librerías para este propósito como: translate[16], googletrans[17], polyglot[18]. El mensaje traducido fue almacenado en la base de datos, para ello se creó una nueva columna.

TextBlob da a los mensajes una valoración ente 1 a -1, siendo 0 el valor intermedio para los neutros.

8.3.Stanford Nlp

Para este método de análisis se lo hizo utilizando el lenguaje Java con el Netbeans y como gestor de librerías se utilizó Maven, por lo es necesario la configuración del archivo pom.xml, el cual permite obtener todos los paquetes necesarios (Manning et al., 2014, Gómez-Torres et al., 2018). Los textos que se van a analizar tienen que estar en idioma inglés, por lo que se obtuvo el mensaje previamente almacenado y se efectuó el análisis. Stanford.nlp clasifica los mensajes en 5 tipos: Muy positiva, positiva, neutral, negativa y muy negativa. Una desventaja de este método es la velocidad de procesamiento del mismo, cuando son frases con más de mil caracteres el tiempo de procesamiento por mensaje es el promedio un minuto. En este estudio para ejecutar el trabajo con este método fue de seis días de procesamiento. El proceso se realizó con dos hilos y evitando que el mismo mensaje sea tomado por más de un hilo.

8.4.Naive Bayes

Naive Bayes una técnica de clasificación probabilística que se basa en el teorema de Bayes. Este es un método de clasificación de aprendizaje automático supervisado, siendo uno de los de más fácil implementación, se basa en un conjunto de datos para el entrenamiento (Kapociute-Dzikiene et al., 2019, Muñoz et al., 2019, Montesinos Garca, 2014). Con este método se realizó la clasificación basándose en el corpus del estudio de (Dubiau and Ale,

[15] https://translate.google.com/?hl=es
[16] Más información en: https://pypi.org/project/translate/
[17] Más información en: https://pypi.org/project/googletrans/
[18] Más información en: https://pypi.org/project/polyglot/

2013) en el cual se realiza un la experimentación de análisis sentimientos en español[19], este consta de 34808 positivos y 16912 negativos.

La implementación fue realizada utilizando la librería **textblob.classifiers** en Python. Los mensajes del conjunto de entrenamiento tienen dos valores (positiva y negativa). Se utilizó 8.000 datos de entrenamiento y 2000 de pruebas.

8.5. Maquina de Vectores de Soporte (Support Vector Machine)

SVM es un método de clasificación que se lo ha utilizado ampliamente en el ámbito de catalogar sentimientos. Realiza tareas de clasificación de forma efectiva en espacios de varias dimensiones forma eficaz. Es muy útil sobre todo cuando se tiene una gran cantidad de datos, pues es muy rápida su clasificación (Ren et al., 2016, Kapociute-Dzikiene et al., 2019, Catalan Faundez, 2019).

Para la implementación de SVM se lo hizo en Python utilizando la librería sklearn y un kernel lineal. De igual forma la clasificación va a ser en dos clases; Positiva y negativa. Se utilizan dos archivos uno con el conjunto de datos de entrenamiento y otro con los datos de prueba. El corpus usado para este proceso fue de igual forma el del estudio (Dubiau and Ale, 2013), el cual fue dividido aleatoriamente en dos partes, 80% para entrenamiento y el 20% para pruebas donde se clasifica los mensajes con valores de texto, como Positiva y Negativa.

9. Análisis de resultados

9.1. Resultados generales

De los mensajes analizados se los ha clasificado por el emisor siendo este de dos tipos: Estudiantes y Profesores. En la Figura 4 se puede observar que la cantidad de estudiantes es superior a la cantidad profesores que han enviado al menos un mensaje siendo lógico pues un profesor imparte una asignatura a muchos estudiantes los cuales están agrupados en paralelos. Pero en la Figura 5 se aprecia que la cantidad de mensajes enviados por docentes es muy superior a los mensajes enviados por los Estudiantes.

Al observar la cantidad de estudiantes vs la cantidad de profesores se esperaba que los estudiantes hayan enviado un número superior de mensajes en relación a su cuantía. Lo que hace deducir es que los estudiantes no utilizan esta plataforma para su comunicación y únicamente para envió de trabajos referente a sus estudios.

A cada mensaje se lo clasifico con los diversos métodos de machine learning, por lo que en la Figura 6 se puede apreciar una comparativa entre todos estos métodos. En todos los casos, existe una mayoría de mensajes clasificados como positivos por lo que se puede esperar un alto grado de positivismo en general.

[19] El corpus puede descargarse en: http://www.fi.uba.ar/~ldubiau/datasets/restaurante-review-dataset.zip

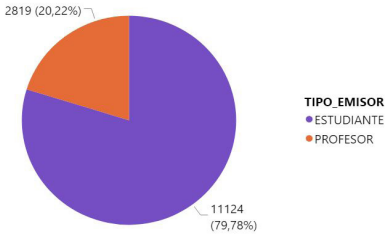


Figura 4 – Cantidad de personas que han enviado un mensaje

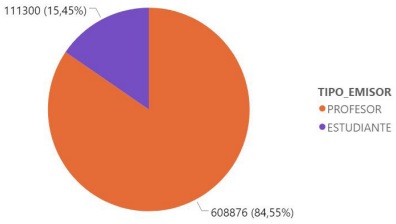


Figura 5 – Total de mensajes enviados por los diversos tipos de emisores

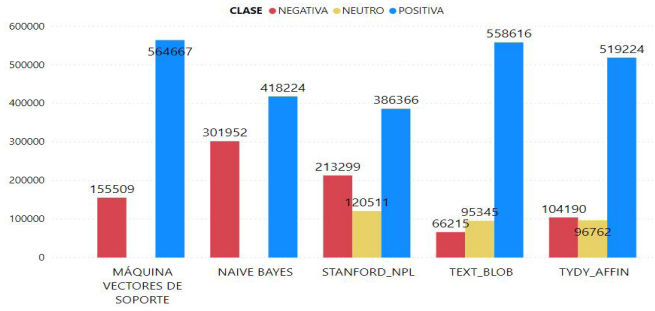


Figura 6 – Mensajes clasificados por cada uno de los métodos de machine learnig

A cada mensaje se lo clasifico con los diversos métodos de machine learning, en la Figura 6 se puede apreciar una comparativa entre todos estos métodos. En todos los casos, existe una mayoría de mensajes clasificados como positivos por lo que se puede esperar un alto grado de positivismo en general. Se procedió a realizar un promedio de calificación en los mensajes, para poder obtener un resultado final, en la Figura 7 se lo aprecia gráficamente. Esto se lo hizo dando un valor numérico al resultado de cada método. Si es positivo el valor es 1, si es negativo -1 y neutro 0. La sumatoria de estos valores dan el resultado final.

Mensaje limpio	Esp	Aff	Tex	Sta	Nai	Svm	Con
con mucho gusto licenciada. gracias por su apoyo. excelente semana	Pos	Pos	Pos	Pos	Pos	Pos	Pos
estimadas estudiantes doy conocer la clave de la actividad	Neu	Neu	Neu	Neu	Pos	Pos	pos
estoy preocupada no quiero sacar baja calificación	Neg	Neg	Neu	Neg	Pos	Neg	Neg
que terrible no hay respuesta de la tutora que es lo peor	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos	Neg	Neg
desarrollar cuestionario que esta en la unidad. el plazo es hasta el dia de hoy	Neu	Neu	Neu	Neu	Pos	Neg	Neu
conéctese por zoom para darle la respuesta su consulta	Neu	Neu	Neu	Neu	Pos	Neg	Neu

Nota: Mensaje limpio= Texto luego del proceso limpieza; Esp= Valor esperado; Aff= Clasificación con el corpus AFFIN; Tex= Clasificación con TextBlob; Sta= Clasificación con Stanford.nlp; Nai= Clasificación con Naive Bayes; Svm= Clasificación con Máquinas de vectores de soporte; Con= Valor Consolidado en base a todos los métodos; Resultado de la clasificación (Pos= Positivo, Neg= Negativo, Neu= Neutro).

Tabla 1 – Subconjunto de mensajes clasificados con los métodos de machine learning

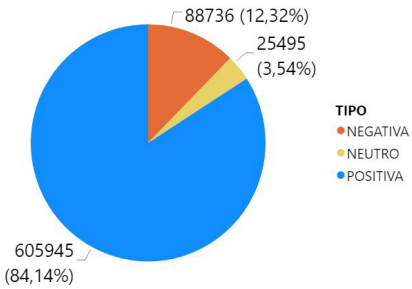


Figura 7 – Consolidación de mensajes. Resultado final en base a todos los métodos aplicados

Para calcular la efectividad de cada método de clasificación se calificó un conjunto de datos que contenía una clasificación previa realizada de forma manual siendo esta la clasificación esperada. Se comparó la clasificación esperada con el resultado de cada método y en base a esto se obtuvo los porcentajes de efectividad. En la Tabla 2 se aprecia los valores de Precisión en la clasificación con cada método de aprendizaje automático. Las Maquinas de vectores de Soporte fue el método con el que se obtuvo los mejores resultados con el 96%, mientras que con la consolidación de resultados de todos los métodos la efectividad fue del 94% siendo esta la segunda mejor clasificación.

Método	Precisión	Tipo	Lenguaje
Tidy, Lexico AFFIN	0,842774961	No Supervisado	R
Textblob	0,89960992	No Supervisado	Python
Stanford NPL	0,89107035	No Supervisado	Java

Método	Precisión	Tipo	Lenguaje
Naive Bayes	0,90187444	Supervisado	Python
Máquina de vectores de soporte	0,96153478	Supervisado	Python
Consolidado	0,94913647	Híbrido	-

Tabla 2 – Métodos de clasificación empleados en el análisis de sentimientos

La nube de palabras es una forma de apreciar el contexto del que generalmente se realiza el análisis de sentimientos. La Figura 8 muestra las palabras que se usan con mayor frecuencia los estudiantes están algunos verbos, sustantivos y adjetivos más frecuentes en los comentarios. La mayoría de los términos empleados están relacionados claramente con el ámbito académico por lo que se destacan las palabras como tutor, actividades, compañero. En base a esto en fácil intuir que los estudiantes hablan con sus tutores y compañeros de las diversas actividades planteadas en el día a día de su labor estudiantil.



Figura 8 – Nube de palabras. Términos más usados por estudiantes

10. Conclusiones

- Las personas que más comentarios realizan en el Entorno virtual de aprendizaje de la UTPL son los profesores, siendo positivos la gran mayoría, lo que conlleva a buscar nuevos mecanismos para una comunicación efectiva entre docentes y alumnos.
- En cuanto a los mensajes de estudiantes con el 78.94% de positivos, se concluye que los estudiantes tienen un alto positivismo. Y el mejor método de clasificación en este entorno fue SVM
- Conocer cómo piensa un grupo de personas con respecto a determinado tema permite tener herramientas con las cuales se pueden abordar distintas problemáticas, esto puede ser aprovechado por empresas de marketing y otros ámbitos en general para llegar a los clientes de productos o servicios.

Referencias

[Boldrini et al., 2012] Boldrini, E., Balahur, A., Martínez-Barco, P., and Montoyo, A. (2012). Using emotiblog toannotate and analyse subjectivity in the new textual genres. Data Mining and Knowledge Discovery, 25(3):603-634.

[Cardoso et al., 2019] Cardoso, A. C., Talame, L., Amor, M., and Neil, C. (2019). Minería de opiniones: análisis de sentimientos en una red social. In XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2019, Universidad Nacional de San Juan).

[Catalan Faundez, 2019] Catalan Faundez, A. E. (2019). detección de alomalías en el pago de la cuenta de agua.

[Chen et al., 2018] Chen, J., Becken, S., and Stantic, B. (2018). Sentiment analytics of chinese social media posts. InProceedings of the 8th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics, pages 1-7.

[Criado and Villodre, 2018] Criado, J. I. and Villodre, J. (2018). Comunicando datos masivos del sector p_ublico local en redes sociales. analisis de sentimiento en twitter. El profesional de la informacion (EPI), 27(3):614-623.

[Daniel et al., 2017] Daniel, M., Neves, R. F., and Horta, N. (2017). Company event popularity for financial markets using twitter and sentiment analysis. Expert Systems with Applications, 71:111-124.

[Dubiau and Ale, 2013] Dubiau, L. and Ale, J. M. (2013). Análisis de sentimientos sobre un corpus en español: Experimentaci_on con un caso de estudio. In XIV Argentine Symposium on Arti_cial Intelligence (ASAI)-JAIIO 42 (2013).

[Feldman et al., 2011] Feldman, R., Rosenfeld, B., Bar-Haim, R., and Fresko, M. (2011). The stock sonar|sentiment analysis of stocks based on a hybrid approach. In Twenty-third IAAI conference.

[Fern_andez et al., 2011] Fern_andez, J., Boldrini, E., G_omez, J. M., and Mart__nez-Barco, P. (2011). An_alisis de sentimientos y miner__a de opiniones: el corpus emotiblog. Procesamiento del lenguaje natural, 47:179-187.

[Fern_andez et al., 2015] Fern_andez, J., Guti_errez, Y., G_omez, J. M., and Mart__nez-Barco, P. (2015). Social rankings: an_alisis visual de sentimientos en redes sociales. Procesamiento del Lenguaje Natural, (55):199-202.

[Garc_a et al., 2015] Garc_a, M. R., Ruiz, M. C., and L_opez, A. S. (2015). Combinaci_on de clasi_cadores para el analisis de sentimientos. Research in Computing Science.

[Ghiassi and Lee, 2018] Ghiassi, M. and Lee, S. (2018). A domain transferable lexicon set for twitter sentiment analysis using a supervised machine learning approach. Expert Systems with Applications, 106:197-216.

[Gomez-Torres et al., 2018] Gomez-Torres, E., Jaimes, R., Hidalgo, O., and Luj_an-Mora, S. (2018). Inuencia de redes sociales en el análisis de sentimiento aplicado a la situación política en ecuador. Enfoque UTE, 9(1):67-78.

[Hangya and Farkas, 2017] Hangya, V. and Farkas, R. (2017). A comparative empirical study on social media sentiment analysis over various genres and languages. Arti_cial Intelligence Review, 47(4):485-505.

[Kamel et al., 2019] Kamel, M., Siuky, F. N., and Yazdi, H. S. (2019). Robust sentiment fusion on distribution of news. Multimedia Tools and Applications, pages 1-26.

[Kamyab et al., 2018] Kamyab, M., Tao, R., Mohammadi, M. H., and Rasool, A. (2018). Sentiment analysis on twitter: A text mining approach to the afghanistan status reviews. In Proceedings of the 2018 International Conference on Arti_cial Intelligence and Virtual Reality, pages 14-19.

[Kapo_ci_ut_e-Dzikien_e et al., 2019] Kapo_ci_ut_e-Dzikien_e, J., Dama_sevi_cius, R., andWo_zniak, M. (2019). Sentiment analysis of lithuanian texts using traditional and deep learning approaches. Computers, 8(1):4.

[Khanna et al., 2018] Khanna, B., Moses, S., and Nirmala, M. (2018). Softmax based user attitude detection algorithm for sentimental analysis. Procedia Computer Science, 125:313-320.

[Kusen and Strembeck, 2018] Kusen, E. and Strembeck, M. (2018). Politics, sentiments, and misinformation: an analysis of the twitter discussion on the 2016 austrian presidential elections. Online Social Networks and Media, 5:37-50.

[Landínez and Rodríguez, 2019] Landínez, S. P. C. and Rodríguez, P. E. C. (2019). An_ alisis de sentimientos, una herramienta para valorar la actitud del estudiante frente a un curso. In Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería 2019.

[Loria, 2018] Loria, S. (2018). textblob documentation. Release 0.15, 2.14

[Manning et al., 2014] Manning, C. D., Surdeanu, M., Bauer, J., Finkel, J., Bethard, S. J., and McClosky, D. (2014). The Stanford CoreNLP natural language processing toolkit. In Association for Computational Linguistics (ACL) System Demonstrations, pages 55-60.

[Medina Sada et al., 2017] Medina Sada, D., Mengel, S., Gittner, L. S., Khan, H., Rodriguez, M. A. P., and Vadapalli, R. (2017). A preliminary investigation with twitter to augment cvd exposome research. In Proceedings of the Fourth IEEE/ACM International Conference on Big Data Computing, Applications and Technologies, pages 169-178.

[Mitchell, 2018] Mitchell, R. (2018). Web scraping with Python: Collecting more data from the modern web. .O'Reilly Media, Inc.".

[Montan_es et al., 2018] Montan_es, R., Aznar, R., del Hoyo, R., and de Big Data, G. (2018). Aplicaci_on de un modelo híbrido de aprendizaje profundo para el analisis de sentimiento en twitter. Proceedings of TASS, 2172.

[Montesinos García, 2014] Montesinos García, L. (2014). Análisis de sentimientos y predicci_on de eventos en twitter.

[Muñoz et al., 2019] Muñoz, G., Este_anny, Z., Merizalde Maya, P., et al. (2019). Modelo de predicción de sepsis a partir de datos hist_oricos de pacientes en una unidad de cuidados intensivos. PhD thesis, Universidad EIA.

[Ren et al., 2016] Ren, Y., Wang, R., and Ji, D. (2016). A topic-enhanced word embedding for twitter sentiment classification. Information Sciences, 369:188-198.

[Saleena et al., 2018] Saleena, N. et al. (2018). An ensemble classi_cation system for twitter sentiment analysis. Procedia computer science, 132:937-946.

[S_anchez-Holgado and Arcila-Calder_on, 2018] S_anchez-Holgado, P. and Arcila-Calder_on, C. (2018). Towards the study of sentiment in the public opinion of science in spanish. In Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, pages 963-970.

[Sanz_on et al., 2015] Sanz_on, Y. M., Vilari~no, D., Somodevilla, M. J., Zepeda, C., and Tovar, M. (2015). Modelos para detectar la polaridad de los mensajes en redes sociales. Research in Computing Science, 99:29-42.

[Solís et al., 2018] Solís, K. D. S., Rivera, J. P. C., and Valbuena, S. J. (2018). Analisis de sentimientos haciendo uso de mapreduce. Espacios.

[Symeonidis et al., 2018] Symeonidis, S., E_rosynidis, D., and Arampatzis, A. (2018). A comparative evaluation of pre-processing techniques and their interactions for twitter sentiment analysis. Expert Systems with Applications, 110:298-310.

[Tom_e Sanz, 2013] Tom_e Sanz, E. (2013). El twitter de la red de bibliotecas y archivos del csic.

[Vazquez et al., 2016] Vazquez, K. L., Tovar, M., Reyes-Ortiz, J. A., and Vilarino, D. (2016). An_alisis comparativo entre diferentes entornos de aprendizaje autom_ atico para el an_alisis de sentimientos. Research in Computing Science,124:119-131.

[Xing et al., 2019] Xing, F. Z., Pallucchini, F., and Cambria, E. (2019). Cognitive-inspired domain adaptation of sentiment lexicons. Information Processing & Management, 56(3):554-564.

[Xiong et al., 2018] Xiong, S., Lv, H., Zhao, W., and Ji, D. (2018). Towards twitter sentiment classi_cation by multilevel sentiment-enriched word embeddings. Neurocomputing, 275:2459-2466

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/10/2020
Aceitação/Acceptance: 01/12/2020

Metodología de flujo de conocimiento (primera fase) aplicada la proceso de investigación científica con fines de visibilidad nacional e internacional en la Universidad de Medellín

Lillyana María Giraldo Marín[1], Elizabeth Tatiana Arroyave Cataño[2], Saray Galeano Ospino[3], Jessica María Rojas Mora[4], Erika María Londoño Montoya[5], Mauricio Antonio Bedoya Villa[6]

lmgiraldo@udem.edu.co; etarroyave@udem.edu.co; sgaleano@udem.edu.co; jmrojas@udem.edu.co; elondono77@hotmail.com; mbedoya@udem.edu.co

[1] Grupo de Investigación ARKADIUS, Universidad de Medellín, CP: 050026, Medellín, Colombia.

[2] Grupo de Investigación GINIF, Universidad de Medellín, CP: 050026, Medellín, Colombia.

[3] Asistente proyecto investigación, Universidad de Medellín, CP: 050026, Medellín, Colombia.

[4] Asistente proyecto investigación, Universidad de Medellín, CP: 050026, Medellín, Colombia.

[5] Grupo de investigación en casos y estudios organizacionales, Universidad de San Buenaventura, CP: 050034, Medellín, Colombia.

[6] Grupo de Investigación Ciencia, Tecnología E Innovación y Emprendimiento (CITIE), Universidad de Medellín, CP: 050026, Medellín, Colombia.

Pages: 114-126

Resumen: El objetivo de este artículo es aplicar la metodología de identificación de flujos de conocimiento KoFI a un proceso institucional que guíe estratégica y sistemáticamente el desarrollo de procesos de visibilidad nacional e internacional de la Universidad de Medellín. La metodología permitirá, en las fases de especificación y modelado del proceso, analizar e identificar las principales variables que se deben tener en cuenta para realizar un modelado de proceso de medición y clasificación de productos derivados de actividades de investigación. Los resultados arrojan la especificación y modelado del proceso investigación científica como proceso clave de la institución de educación superior que genera visibilidad; la identificación y clasificación desde las funciones sustantivas de fuentes externas de conocimiento de visibilidad y las variables. Se obtiene el modelado del proceso de investigación científica desde la técnica de flujo de conocimiento identificando: roles, fuentes, ubicación y tipos de conocimiento que fluyen en el proceso.

Palabras-clave: Flujos de conocimiento; Gestión de Conocimiento; Visibilidad Institucional; Producción Científica; Rankings.

Application of Knowledge Flow Methodology to the Scientific Research Process to Increase Universidad de Medellín's National and International Visibility

Abstract: This article was aimed at applying the KoFI methodology to identify processes, external sources, and organizational knowledge flows that give rise and contribute to Universidad de Medellín's national and international visibility strategy. The methodology will allow, in the specification and modeling phases of the process, to analyze and identify the main variables that must be taken into account to carry out a modeling of the measurement and classification process of products derived from research activities. The results show the specification and modeling of the scientific research process as a key process of the higher education institution that generates visibility; the identification and classification from the substantive functions of external sources of visibility knowledge and variables. The modeling of the scientific research process is obtained from the knowledge flow technique identifying: roles, sources, location and types of knowledge that flow in the process.

Keywords: Knowledge flows; knowledge management; institutional visibility; scientific production, rankings.

1. Introducción

Las Instituciones de Educación Superior (IES) se consideran empresas que deben ser sometidas a mediciones y rendiciones de cuentas ante los ciudadanos. Los rankings forman parte de los sistemas de medición y del libro de cuentas (Delgado López-Cózar, 2012), sin embargo, las mediciones y comparaciones a las que están sometidas por su heterogeneidad y la falta de generalización de los rankings no reflejan las fortalezas de cada una. Desde esta perspectiva las IES están presionadas por la influencia que tienen tales instrumentos de medición como medios para la evaluación y el aseguramiento de la calidad de los sistemas de educación superior a través de la comparación internacional de las universidades (De Filippo et al., 2017) (Orozco, Becerra, & Arellano, 2015).

Una manera de evaluar la visibilidad de las universidades es a través de mediciones de factores, indicadores y variables de relevancia, entre ellos están el modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, el sistema de acreditación de la calidad del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y los rankings nacionales e internacionales (De Filippo et al., 2017), (Rueda & Rodenes, 2016), (UNAM, 2011) y (Martínez Rizo, 2011). Alcanzar una ubicación privilegiada de posicionamiento en estos sistemas de medición se logra principalmente con el trabajo realizado por los investigadores asociados a las IES, ya que el proceso de investigación científica es una de las actividades más dinámicas en el contexto universitario, donde es posible generar y aplicar conocimiento. Al proceso de investigación existen diversos factores asociados, pero hasta el momento no hay un criterio único que permita establecer o estandarizar los determinantes para un alto rendimiento.

Los procesos de evaluación de rankings, el modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, y los factores de acreditación de la alta calidad materializan la medición del desempeño de las IES (Jaramillo & Caludia, 2017), por eso se ha hecho necesario levantar evidencias para fundamentar la información presentada. En este proceso se encuentran inconvenientes como la incorrecta ubicación de documentos, poca claridad sobre el responsable inmediato de generar información, la falta de homogeneización de los formatos utilizados para el registro de actividades sin sistemas de información, entre otros. Establecer mecanismos mediante los cuales sea posible solucionar estos

inconvenientes permitiría optimizar la información presentada a entes externos. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este artículo es el de presentar una metodología basada en la metodología de identificación de flujos de conocimiento, que guíe estratégica y sistemáticamente el desarrollo de procesos de visibilidad institucional en IES.

Ballesteros y Rodríguez Elías, (Ballesteros Cantú et al., 2012) y (Rodríguez Elias, 2007), tienen la idea de que se generalice la metodología flujos de conocimiento KoFI para la solución de problemas específicos en diferentes áreas de las organizaciones. Este trabajo busca aplicar la fase inicial de esta metodología, en el proceso de Investigación Científica empleando el modelo de la medición de grupos de investigación, el sistema de acreditación de calidad y los indicadores de los rankings (SCImago Institutions Rankings (SIR), QS World University Rankings (QS), Times Higher Education World University Rankings (THE), Ranking U-sapiens y Ranking Web of Universities (Webometrics)) y responder a las preguntas: ¿Cómo inciden los factores externos en el proceso de visibilidad institucional? y ¿es posible establecer una forma apropiada de levantamiento de información que impacte la visibilidad institucional?

Este documento, presenta, primero, la revisión de la literatura de conceptos de flujos de conocimiento, las metodologías implementadas y el resultado de estas; segundo, la metodología, donde se realiza una breve descripción de la metodología KoFI; tercero, los resultados, donde se expone la especificación y modelado de proceso con enfoque flujos de conocimiento para el procedimiento: Integración de las evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, el sistema de acreditación de la calidad del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y rankings nacionales e internacionales para visibilidad institucional, considerando también las principales variables que intervienen en el proceso; y cuarto, las discusiones y conclusiones del trabajo desarrollado.

2. Revisión literaria

La visibilidad del conocimiento generado en las universidades se convierte en una herramienta para la obtención de recursos y su posicionamiento en el ámbito global, al tiempo que garantiza la calidad de la educación. Una institución orientada a las actividades de investigación puede llegar a ser más visible internacionalmente porque existen factores determinantes que hacen que se ubiquen en las mejores posiciones, como el tiempo de dedicación a la investigación, disponibilidad de recursos, visibilidad de los resultados de investigación y posición en rankings (Albornoz & Osorio, 2017), (Rueda & Rodenes, 2016), (De Filippo et al., 2017) y (Méndez-Beltrán & Rivera-Rodríguez, 2015).

Desde una visión organizacional, el conocimiento es un flujo en el que se mezclan las experiencias, valores importantes, información contextual y puntos de vista de expertos que facilitan un marco de análisis para evaluar e incorporar nuevas experiencias e información (Flores-Rios, 2016). La gestión del conocimiento es un proceso sistemático y específico de una organización, cuyo propósito es adquirir, organizar y comunicar tanto el conocimiento tácito, como el conocimiento explícito, para que otros puedan hacer uso de este y así ser más proactivos, por lo que puede decirse que el conocimiento tiene poco valor si no se comparte o fluye. El conocimiento como proceso implica un

enfoque en el flujo de los procesos de creación, intercambio y distribución del mismo (Alavi & Leidner, 2001).

Se define el flujo de conocimiento como la herramienta, corriente o atributo que permite que el conocimiento esté en el lugar correcto y en las personas adecuadas en el momento requerido (Erden, Klang, Sydler, & von Krogh, 2014), (Flores-Rios, et al., 2015) y (Tajgardoon, Shalmani, & Habibi, 2015).

Una metodología de flujos de conocimiento facilita el análisis de la circulación del conocimiento en una organización (Ballesteros Cantú et al., 2012), (Ballesteros Cantú et al., 2013), (Flores-Rios et al., 2015). Actualmente existen metodologías para levantar flujos de conocimiento. En su mayoría se aplican a procesos organizacionales y se han utilizado para crear análisis, modelos y marco de trabajo de flujos de conocimiento, y sistemas de gestión de conocimiento (Kaur, Singh, & Josan, 2015), (Erden et al., 2014), (Leendert & Dolfsma, 2015), (M., Vincenzo, Francesco, & Pierluigi, 2014), (Cannavacciuolo et al., 2017), (Flores-Rios et al., 2015), (Sarnikar & Deokar, 2017), (Gokula Vijaykumar Annamalai Vasantha, 2015), (Sivasakthi, 2018), (Wu, Cai, Jin, & Dong, 2018), (Tan, Zaman, & Sutrisna, 2018) y (Tajgardoon et al., 2015).

Dos autores, Sivasakthi y Kaur proponen la minería de datos como una herramienta para levantar modelos de flujos de conocimiento (Sivasakthi, 2018) y (Kaur et al., 2015). Otros estudios, (Cannavacciuolo et al., 2017) (Flores-Rios et al., 2015) y (Sarnikar & Deokar, 2017), proponen diferentes metodologías de identificación de flujos de conocimiento basadas en el análisis de procesos organizacionales. Algunas investigaciones se enfocan en implementar o crear modelos de flujos de conocimiento con diseños de investigación basados en métodos estadísticos (Erden et al., 2014), (Leendert & Dolfsma, 2015) y (Wu et al., 2018). Existe también, la tendencia a utilizar flujos de conocimiento aplicado a los procesos organizacionales para la toma de decisiones, rendimiento empresarial e innovación, destacándose la creación de un modelo de flujos de conocimiento para procesos no estructurados (Gokula Vijaykumar Annamalai Vasantha, 2015).

Una de las metodologías de interés para la identificación de flujos de conocimiento es la metodología KoFI (Rodríguez Elias, 2007), aplicada en el ámbito de tecnología y sistemas para mejorar los procesos de creación de software (Flores-Rios et al., 2015). Esta metodología apoya la creación, transferencia y evolución del conocimiento en un procedimiento de un proceso específico (Kaur et al., 2015) (Sivasakthi, 2018) (Wu et al., 2018).

3. Metodología

Para llevar a cabo esta investigación se empleó la metodología KoFI propuesta por Rodríguez en el año 2007 (Rodríguez Elias, 2007), donde se definen los lineamientos para la identificación y el análisis de flujos de conocimiento en los procesos organizacionales y su aplicación es un proceso iterativo e incremental que retroalimenta o regresa de una fase a cualquier otra (Rodríguez Elias, 2011). En la figura 1 se presenta la metodología KoFI que se desarrolla en 4 fases: Primero, especificar el proceso a analizar; segundo, modelar el proceso con enfoque en flujos de conocimiento; tercero, analizar el flujo de

conocimiento y; por último, analizar las herramientas de soporte al flujo de conocimiento (Flores-Rios et al., 2015) (Ballesteros Cantú et al., 2013).

3.1. Fase 1. Especificar el proceso a analizar

En esta etapa se define el proceso a analizar, las actividades o procedimientos, los recursos requeridos, los productos o resultados, los procedimientos adoptados y el modelo de ciclo de vida que será usado (Flores-Rios et al., 2015).

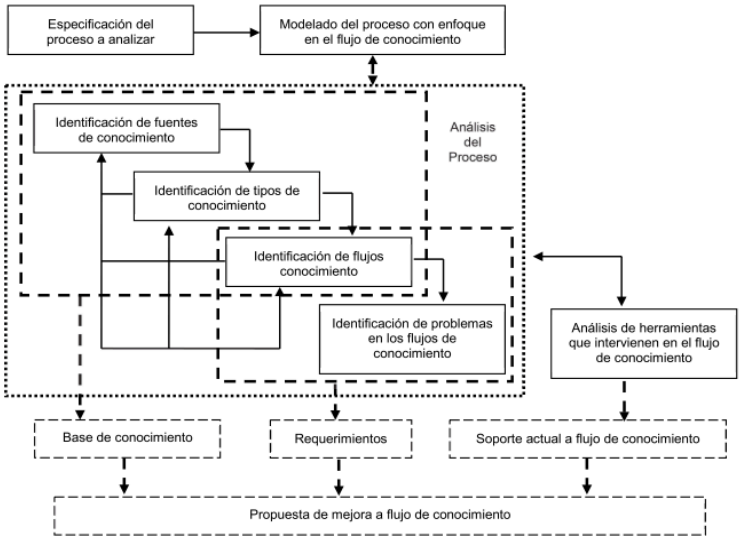


Figura 1 – Metodología KoFI. Fuente: (Rodríguez Elias, 2011).

3.2. Fase 2. Modelar el proceso con enfoque en flujos de conocimiento

En esta etapa se utilizó una adaptación de la técnica de gráfica rica (Figura 2), la cual ayuda a identificar el conocimiento requerido y generado durante las actividades del proceso además de establecer dónde se obtiene o se almacenan las fuentes de conocimiento. La gráfica rica, sugiere que los procesos de creación de conocimiento del modelo SECI y los elementos del ciclo del conocimiento no son procesos aislados uno del otro, sino que se encuentran interrelacionados debido a que la aplicación del conocimiento permite también incrementar el ya existente (Flores-Rios, Gastélum Ramírez, & Rodríguez Elías, 2010). La figura presenta diferentes agentes: el trabajador de conocimiento quien crea, utiliza y transmite tanto conocimiento explícito como tácito, los roles que pueden apoyarse de diversas fuentes de conocimiento (roles, métodos, técnicas, plantillas, recursos o productos de trabajo), que no sólo le ayuden a resolver problemas inesperados, sino a hacer toma de decisiones correctas o incrementar sistemáticamente el conocimiento (Flores-Rios et al., 2010) (Flores-Rios et al., 2015) (Flores-rios et al., 2015).

3.3. Fase 3. Análisis del flujo de conocimiento

Esta fase comprende cuatro etapas de identificación de: i) fuentes de conocimiento, ii) tipos de conocimiento, iii) flujos de conocimiento y iv) problemas en el flujo de conocimiento. Para lograrlo se define un metamodelo de fuentes y tipos de conocimiento que sirve de guía al establecer relaciones entre los tipos y fuentes de conocimiento, así como las actividades de un proceso (Rodríguez Elias, 2011), (Ballesteros Cantú et al., 2012), (Ballesteros Cantú et al., 2013) y (Flores-Rios et al., 2015).



Figura 3 – Modelado global de flujos de conocimiento con entidades proceso software

Figura 2 – Modelado global de flujos de conocimiento con entidades proceso de software. Fuente: (Flores-Rios et al., 2010)

3.4. Fase 4. Análisis de las herramientas de soporte al flujo de conocimiento

La fase final de la metodología consiste en analizar el papel que juegan las herramientas que apoyan los procesos de trabajo como habilitadoras del flujo del conocimiento, para lo cual se definió un Marco de Trabajo para el Análisis de Herramientas de Gestión del Conocimiento, denominado (MAHAC), empleado por autores como Borghoff y Pareschi (1998) y Alavi y Leidner (2001) (Ballesteros Cantú et al., 2012) y (Ballesteros Cantú et al., 2013).

4. Resultados

La metodología KoFI, descrita anteriormente se aplicó al proceso de investigación científica de la Universidad de Medellín, en su primera y segunda fase que comprenden, especificación y modelado del proceso con enfoque a flujos de conocimiento.

4.1. Especificación del proceso a analizar

Se realizó una auditoría de conocimiento en la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Medellín (U de M), con el objetivo de identificar el proceso, los recursos

requeridos, los productos de trabajo de entrada y salida, y el modelo de ciclo de vida de conocimiento a ser utilizado.

De la auditoría se desprende una hoja de ruta descrita en la tabla 1. En esta se establece la ruta que la Universidad se propone seguir para crear el modelo de visibilidad institucional que dé respuesta a su objetivo institucional de visibilidad. Esta hoja de ruta marca la siguiente secuencia: primero, definir dependencia; segundo, definir procesos clave; tercero, identificar actividades de gestión de conocimiento desde el ciclo de gestión de conocimiento de la institución; cuarto, identificar el objetivo institucional de visibilidad; quinto, identificar los objetivos de la dependencia; sexto, identificar estrategia de visibilidad; por último, identificar fuentes de conocimiento de visibilidad externas tales como el Modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, el sistema de acreditación de la calidad del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y los rankings (SCImago Institutions Rankings (SIR), QS World University Rankings (QS), Times Higher Education World University Rankings (THE), Ranking U-sapiens y Ranking Web of Universities (Webometrics)).

	Procesos	Proceso Ciclo Gestión Conocimiento	Objetivo Institución	Objetivos unidad	Línea estratégica	Procedimiento
Vicerectoria de Investigación	Investigación Científica	Identificar	La Universidad de Medellín desea ser reconocida como una de las mejores de Latinoamérica a través de la excelencia Académica, investigación e innovación.	Consolidar talento humano profesoral y estudiantil para producir conocimiento y para formar	Generación de impactos de la investigación y la innovación para la transferencia del conocimiento, el reconocimiento y la visibilidad institucional con alcance global.	Integración de las evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings para visibilidad institucional
		Crear				
	Formulación de la Investigación			Contribuir a garantizar la apropiación y transferencia de resultados de investigación e innovación		
		Almacenar				
	Innovación y transferencia de Conocimiento	Compartir		Generar conocimiento científico y tecnológico para aportar soluciones a la sociedad		
		Usar				

Tabla 1 – Hoja de ruta del Sistema de Gestión de Conocimiento

4.1. Especificación del proceso a analizar

Esta fase consistió en desarrollar el modelado del proceso de Investigación Científica con enfoque en el flujo de conocimiento. Para esto fue necesario trabajar con las personas involucradas en fundamentar los criterios e integrar las evidencias y las fuentes de conocimiento de visibilidad externas (Ballesteros Cantú et al., 2013). Se requirió elaborar una metodología de identificación de variables que establezcan los valores para obtener visibilidad institucional y el modelado del procedimiento "Integración de las evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings para visibilidad institucional". La metodología de identificación de variables está compuesta de tres pasos:

1. Definir la documentación base. Modelo de medición de grupos de investigación, de desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, año 2018 (Departamento Administrativo de ciencia, 2018), Lineamientos para la Acreditación Institucional, año 2014 (Domínguez Zapata et al., 2014) y las metodologías para medición de rankings nacionales e internacionales (SIR, QS, THE, U-sapiens y Webometrics).
2. Clasificación de la información. Luego de definir las fuentes de conocimiento base para la identificación de variables de interés se clasifica la información dando una estructura jerárquica (figura 3). Inicialmente, están los documentos y su objetivo, seguido por los factores que considera cada uno de estos y los indicadores que emplea, lo que permite definir las variables de interés de cada modelo.
3. Minería de texto para identificación de variables. A partir de a información de cada documento y su clasificación de acuerdo con la jerarquía presentada en la figura 3, se aplica la técnica de minería de texto utilizando la herramienta R Core TEAM en su versión 3.0 con la librería tm, en esta fase se obtiene: a) La nube de texto de la cual se pueden clasificar en grupos los colores que lo relacionan, b) la frecuencia de las palabras principales y la correlación de ítems entre las palabras obtenidas, y c) de los términos analizados se extraen aquellas palabras cuya correlación sea mayor o igual a 0.90, lo que indica que existe una correlación casi perfecta. Las variables obtenidas se alinearon con el modelo de visibilidad institucional de la U de M. En la tabla 2 se observan 120 variables identificadas organizadas en 11 grupos asociados a cuatro funciones sustantivas de la institución: docencia, investigación, extensión e internacionalización.

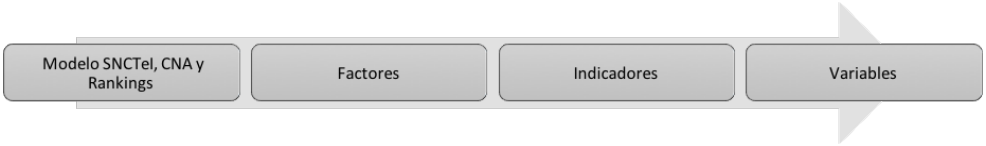


Figura 3 – Jerarquía de clasificación de información para identificación de variables.
Fuente: Elaboración propia.

	Grupo	Cantidad	Total		Grupo	Cantidad	Total
Docencia	Docentes	3	29	Extensión	Empleabilidad	1	9
	Estudiante	10			Estudiante	1	
	Educación Virtual	1			Asesoría	1	
	Graduados	1			Reconocimiento	3	
	Producción Científica	12			Producción Científica	3	
	Reconocimiento	2					

	Grupo	Cantidad	Total		Grupo	Cantidad	Total
Administración	Infraestructura Física	9	9	Investigación	Producción Científica	51	57
	Ingresos	8			Reconocimiento	6	
	Reconocimiento	5					
	Web Reputacional	3					
	Reconocimiento	3					

Tabla 2 – Variables identificadas

Esta fase consistió en desarrollar el modelado del proceso de Investigación Científica con enfoque en el flujo de conocimiento. Para esto fue necesario trabajar con las personas involucradas en fundamentar los criterios e integrar las evidencias y las fuentes de conocimiento de visibilidad externas (Ballesteros Cantú et al., 2013). Se requirió entonces, elaborar una metodología de identificación de variables que establezcan los valores para obtener visibilidad institucional y el modelado del procedimiento "Integración de las evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings para visibilidad institucional".

Para desarrollar el modelado del procedimiento "Integración de las evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings para visibilidad institucional", se seleccionó el grupo de variables producción científica. Como se puede ver en la tabla 2 es el contiene la mayor cantidad de variables y se encuentra asociado con dos de las funciones sustantivas institucionales; Investigación y docencia.

Se utilizó una adaptación de la gráfica rica, ya que se utilizó para modelar el software gratuito de diagramación draw.io. Ésta gráfica es una representación de un proceso por medio de un dibujo que identifica a todos los involucrados, sus preocupaciones y algunas de las estructuras que definen el contexto del trabajo en el proceso. Rodríguez Elias (2007), definió una serie de convenciones para el modelado de proceso que incluyera de manera explícita el conocimiento requerido, generado y obtenido (Ballesteros Cantú et al., 2013).

Se modelaron, para el procedimiento "Integración de las evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings para visibilidad institucional", los principales conocimientos, productos, roles y fuentes de conocimiento a través de la gráfica rica adaptada. Esto se muestra en la figura 4.

A través de la aplicación de esta técnica se logró identificar: roles –el gestor de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (CTS+I), la asesora de autoevaluación y acreditación, los líderes de grupo y los investigadores quienes son los principales actores del proceso de investigación científica, el conocimiento involucrado en el proceso, el cual fue obtenido mediante la aplicación de una encuesta para levantar el mapa de gestión de conocimiento del proceso y entrevistas con los actores principales involucrados en el proceso. En el levantamiento del mapa se identificaron dos tipos de conocimiento: tácito y explícito definidos por Nonaka y Takeuchi en 1995. Y por último, soportado en el trabajo realizado por (Ballesteros Cantú et al., 2013) y (Flores-Rios et al., 2015) se identificó el conocimiento requerido para el procedimiento, el conocimiento generado por la realización del procedimiento y el conocimiento obtenido o almacenado en alguna fuente.

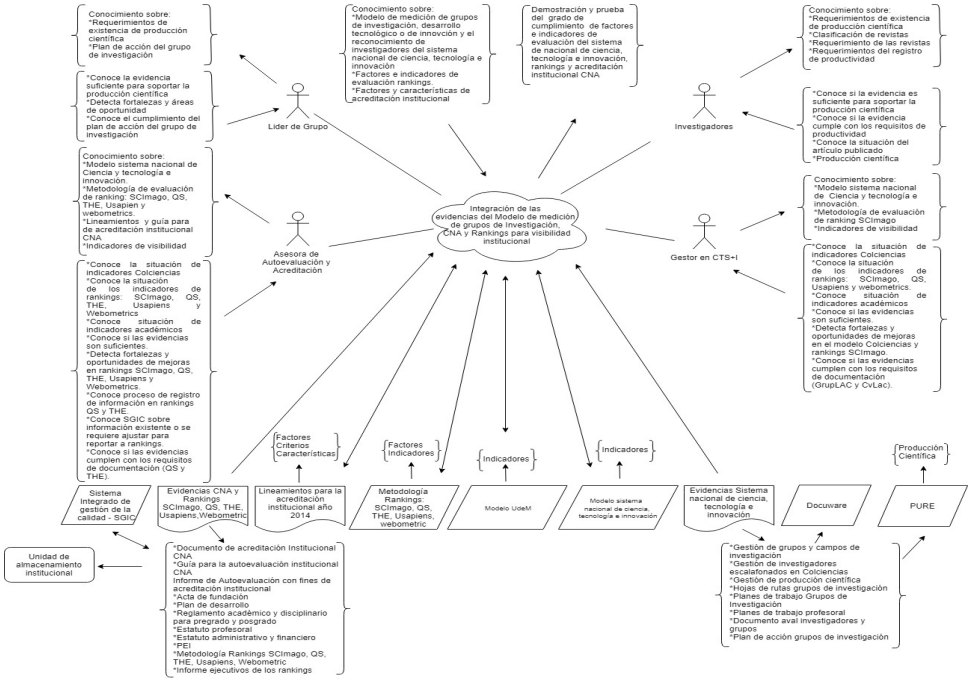


Figura 4 –Modelado del proceso de Investigación Científica del grupo de variables Producción Científica. Fuente: Elaboración propia basado en (Ballesteros Cantú et al., 2013)

5. Discusión

Ante la pregunta ¿Cómo inciden los factores externos en el proceso de visibilidad institucional? Es posible afirmar, acorde al trabajo realizado en la U de M, en el proceso de Investigación Científica con las fuentes externas (modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings nacionales e internacionales), que se tiene una gran cantidad de variables, que si bien son propias de la fuente de conocimiento externa, se puede hacer una apropiación de estas si se realiza una clasificación dentro de las funciones sustantivas (Investigación, docencia, extensión, administración e internacionalización).

Respecto a la pregunta de si ¿Es posible establecer una forma apropiada de levantamiento de información que impacte la visibilidad institucional? Se evidencia que, aunque este estudio sólo abarca la primera y segunda fase de la metodología KoFI, a través de las variables identificadas, en la fase del modelado del proceso, es posible impactar a la visibilidad institucional ya que estas apuntan a la medición de indicadores que hacen parte de los factores que poseen las fuentes de conocimiento externas. Sin embargo, la definición de estas variables es un trabajo complejo que debe ser apoyado por técnicas de identificación, análisis y clasificación de variables como los que propone la minería de texto.

6. Resultados

Para este estudio se empleó la metodología KoFI en su primera y segunda fase al proceso de investigación científica de la Universidad de Medellín específicamente al procedimiento "Integración de evidencias del modelo de medición de grupos de investigación Colciencias, CNA y rankings para visibilidad institucional". En estas fases se especifica y modela el proceso con un enfoque a flujos de conocimiento. Definido el principal procedimiento, se facilitó la identificación de los roles, conocimiento, flujos y fuentes de información fundamentales para el modelado. Por medio de la clasificación de las variables identificadas en las funciones sustantivas y la jerarquía en la que fueron ubicadas, las variables permiten orientar de forma apropiada el levantamiento de la información que impacta la visibilidad institucional para medición de rankings y el objetivo institucional de la U de M.

En futuros trabajos se propone el desarrollo de las fases tres y cuatro de la metodología KoFI que unidas a este trabajo guiarán el desarrollo de un instrumento propio que permita a las instituciones de educación superior someterse a los distintos procesos de visibilidad nacional e internacional de manera sistemática y desde sus funciones sustantivas como fuentes de conocimiento.

Referencias

Alavi, M., & Leidner, D. (2001). Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. MIS quarterly, pp.107-136. MIS Quarterly, 107–136. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/3250961

Albornoz, M., & Osorio, L. (2017). Uso público de la información: el caso de los rankings de universidades. CTS: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad, 12(34), 11–49.

Ballesteros Cantú, L., Rodríguez Elías, O. M., Sánchez Cuéllar, M. G., Rojas Vásquez, C., Ortega Ruiz, J., Becerra Arenas, J. F., & Sánchez Córdoba, J. C. (2013). Metodologia de flujo de conocimiento aplicada al proceso de acreditación de programas educativos (Segunda fase). Global Conference on Business and Finance Proceedings, 8(1), 31–52.

Ballesteros Cantú, L., Rodríguez Elías, O. M., Sánchez Cuéllar, M. G., Rojas Vásquez, C., Ortega Ruiz, J., & Sánchez Córdoba, J. C. (2012). Aplicación de la metodología KoFI (primera fase), en el proceso de acreditación de programas educativos del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora. Global Conference on Business and Finance Proceedings, 7(2), 1326–1334.

Cannavacciuolo, L., Iandoli, L., Ponsiglione, C., Maracine, V., Scarlat, E., & Nica, A. S. (2017). Mapping knowledge networks for organizational re-design in a rehabilitation clinic. Business Process Management Journal, 23(2), 329–348. https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2016-0028

De Filippo, D., Pandiella-Dominique, A., & Sanz-Casado, E. (2017). Indicators for the analysis of international visibility in Spanish universities. Revista de Educación, 376, 163–199.

Delgado López-Cózar, E. (2012). Cómo se cocinan los rankings universitarios. Dendra Médica. Revista de Humanidades, 11(1), 43–58.

Departamento Administrativo de ciencia, T. e I. (2018). Modelo de Medición De Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación Y de Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación, Año 2018. Colciencias.

Domínguez Zapata, Á., Langebaek Rueda, C. H., Correa de Molina, C. D., Ramírez Carvajal, D. M., Vallejo Cabrera, F. A., Téllez Mosquera, J. A., & Gartner Isaza, M. L. (2014). Lineamientos para la Acreditación Institucional (p. 78). p. 78. Sistema Nacional de Acreditación.

Erden, Z., Klang, D., Sydler, R., & von Krogh, G. (2014). Knowledge-flows and firm performance. Journal of Business Research, 67(1), 2777–2785. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.09.001

Flores-rios, B. L., Ibarra-esquer, J. E., Astorga-vargas, A., Gonzalez-navarro, F. F., Pino, F. J., & Rodríguez-Elías, O. M. (2015). La Exteriorización de Activos de Conocimiento en Mejora de Procesos Software. Encuentro Nacional de Ciencias de La Computación (ENC). México.

Flores-Rios, B. L., Pino, F. J., Ibarra-Esquer, J. E., González-Navarro, F. F., & Rodríguez-Elías, O. M. (2015). Análisis de Flujos de Conocimiento en Proyectos de Mejora de Procesos Software bajo una perspectiva multi-enfoque. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, (14), 51–66. https://doi.org/10.17013/risti.14.51-66

Flores-Rios, B.L. (2016). Modelo de evolución de la gestión del conocimiento en MiPyMes, de acuerdo con el nivel de madurez en un programa de mejora de procesos de software. In Universidad Autónoma de Baja California. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/332058888_Modelo_de_evolucion_de_la_gestion_del_conocimiento_en_MiPyMes_de_acuerdo_con_el_nivel_de_madurez_en_un_programa_de_mejora_de_procesos_de_software

Flores-Rios, B. L., Gastélum Ramírez, S. L., & Rodríguez Elías, O. M. (2010). Modeling Knowledge Flows in Software Project Management Processes. In Proceedings Ofthe International Conference on Knowledge Management and Information Sharing, (October), 213–217. https://doi.org/10.5220/0003093502130217

Gokula Vijaykumar Annamalai Vasantha, A. C. and J. C. (2015). A Knowledge Flow Model to Capture Unstructured Product Development Processes. Knowledge and Process Management, 22(2), 99–111. https://doi.org/10.1002/kpm

Jaramillo N, & Caludia, G. A. (2017). Elementos para la construcción de una política pública de internacionalización de la educación superior. In Reflexiones para la Política de Internacionalización de la Educación Superior en Colombia (pp. 267–284).

Kaur, P., Singh, M., & Josan, G. S. (2015). Classification and Prediction Based Data Mining Algorithms to Predict Slow Learners in Education Sector. Procedia Computer Science, 57, 500–508. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.372

Leendert, H., & Dolfsma, W. (2015). Bridging firm-internal boundaries for innovation: Directed communication orientation and brokering roles. Journal of Engineering and Technology Management - JET-M, 36, 97–115. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.05.005

Martínez Rizo, F. (2011). Los rankings de universidades: una visión crítica. Revista de La Educación Superior, XL (1) (157), 77–97.

Méndez-Beltrán, J. A., & Rivera-Rodríguez, H. A. (2015). Relación entre gobierno corporativo y posicionamiento organizacional: instituciones de educación superior en América Latina. Educación y Educadores, 18(3), 435–455. https://doi.org/10.5294/edu.2015.18.3.4

Orozco, J. E. F., Becerra, J. I. V., & Arellano, C. I. M. (2015). Perspectivas actuales sobre los rankings mundiales de universidades. Revista de La Educacion Superior, 44(175), 41–67. https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.09.001

Rodríguez Elias, O. M. (2007). Metodología para el diseño de sistemas de administración del conocimiento: su aplicación en mantenimiento de software. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

Rodríguez Elias, O. M. (2011). Diseño de sistemas y estrategias de gestión del conocimiento: un enfoque metodológico orientado a procesos y flujos de conocimiento. Editorial Académica Española.

Rueda, G., & Rodenes, M. (2016). Factores Determinantes en la Producción Científica de los Grupos de Investigación en Colombia. Revista Española de Documentación Cientí?Ca, 39(1), 1–15.

Sarnikar, S., & Deokar, A. V. (2017). A design approach for process-based knowledge management systems. Journal of Knowledge Management, 21(4), 693–717. https://doi.org/10.1108/JKM-09-2016-0376

Sivasakthi, M. (2018). Classification and prediction based data mining algorithms to predict students' introductory programming performance. Proceedings of the International Conference on Inventive Computing and Informatics, ICICI 2017, (Icici), 346–350. https://doi.org/10.1109/ICICI.2017.8365371

Tajgardoon, M. G., Shalmani, M. T. M., & Habibi, J. (2015). Organizational secure knowledge flow model. 2015 7th Conference on Information and Knowledge Technology, IKT 2015. https://doi.org/10.1109/IKT.2015.7288740

Tan, A. Z. T., Zaman, A., & Sutrisna, M. (2018). Enabling an effective knowledge and information flow between the phases of building construction and facilities management. Facilities, 36(3–4), 151–170. https://doi.org/10.1108/F-03-2016-0028

Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. (2011). Los rankings internacionales de universidades. In Cuadernos de trabajo de la direccion general de evaluacion institucional (Vol. 7). Retrieved from http://www.dgei.unam.mx/cuaderno7.pdf

Wu, J., Cai, J., Jin, M., & Dong, K. (2018). Embedding funding consultation in library services. Library Hi Tech, 36(3), 378–399. https://doi.org/10.1108/lht-06-2017-0127

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/09/2020
Aceitação/Acceptance: 27/11/2020

Propuesta metodológica para desarrollar algoritmos inteligentes: Un estudio de caso

Victor E. Urbina[1], Dante Carrizo[2], Andrés Alfaro[3]

Victor.urbina@uda.cl; dante.carrizo@uda.cl; andres.alfaro@uda.cl

[1,2 3,] Departamento de Informática y Ciencias de la Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de Atacama, Copiapó, Región de Atacama, Chile

Pages: 127-140

Resumen: Actualmente, la actividad humana demanda la creación de entornos inteligentes, es decir, un mundo físico donde las tecnologías se encuentren integradas en los objetos cotidianos. Entre las tecnologías interconectadas se encuentran software con capacidades de decisión sobre conjuntos de datos. Estos software requieren de algoritmos que utilizan paradigmas disruptivos que permiten mayores posibilidades de resolución de problemas integrados. Sin embargo, no existen guías que permitan orientar a los programadores en esta dirección. Este trabajo propone una metodología para desarrollar algoritmos inteligentes. Esta metodología basada en aspectos fundamentales de la ingeniería de software permite ir desde el análisis del contexto hasta la incorporación del código en entornos de inteligentes. La metodología propuesta es probada en un estudio de caso real de gestión energética y demuestra su utilidad y efectividad. Este trabajo pretende ser una contribución valiosa para la generación de nuevos entornos inteligentes.

Palabras-clave: Entornos inteligentes; algoritmos; metodología; estudio de caso; eficiencia energética

Methodological proposal to develop intelligent algorithms: A case study

Abstract: Currently, human activity demands the creation of intelligent environments, that is, a physical world where technologies are integrated into everyday objects. Interconnected technologies include software with decision capabilities over data sets. These software require algorithms that use disruptive paradigms that allow greater possibilities for solving integrated problems. However, there are no guides to guide programmers in this direction. This work proposes a methodology to develop intelligent algorithms. This methodology based on intrinsic aspects of software engineering allows to go from the analysis of the context to the incorporation of the code in intelligent environments. The proposed methodology is tested in a real case study of energy management and demonstrates its usefulness and effectiveness. This work aims to be a valuable contribution to the generation of new intelligent environments.

Keywords: Smart environments; algorithms; methodology; case study; energy efficiency.

1. Introducción

Actualmente, el proceso investigativo y de ingeniería tiene la necesidad de crear entornos inteligentes, es decir, un mundo físico donde las tecnologías se encuentren integradas en los objetos cotidianos y, a su vez, conectados en red, brindando interacción y mejor gestión de los recursos (Palattella et al., 2016), (Lin et al., 2017), (Botta et al., 2016). Para hacer esto posible, es necesario desarrollar software inteligentes capaces de administrar dichos objetos y recursos.

Los software inteligentes presentan un comportamiento externo similar en algún aspecto a la inteligencia humana o anima (Xie, 2018). Estos softwares se caracterizan por su capacidad para representar, procesar y modificar de forma explícita conocimiento sobre un problema, y para mejorar su desempeño con la experiencia. Por lo tanto, un software inteligente requiere del uso de tecnologías disruptivas, como Minería de Datos, Machine Learning, Cloud Computing, entre otras. (Obal, 2017), (Li et al., 2018), (Love et al., 2020).

Para construir ese tipo de software resultan útiles estándares como la ISO/IEC 25000 y los métodos de la ingeniería de software, pues proporcionan la experiencia técnica para elaborar software, los cuales incluyen un conjunto amplio de tareas, como análisis de los requerimientos, modelación del diseño, construcción del programa, pruebas y mantenimiento (Pressman, 2010).

No obstante, para producir estos software se requieren algoritmos inteligentes que a través de una serie de pasos ordenados, lógicos y consistentes permitan no solo obtener los resultados esperados y aplicar algoritmos basado en búsqueda (SBO) (Harman et al., 2012) a la ingeniería de software, sino incorporar diversas funcionalidades que incluyan inteligencia artificial, sistematización, objetividad, capacidad sensorial, conceptualización, reglas de actuación, memoria, gestión de volumen y calidad de los datos, y aprendizaje.

Sin embargo, no existen guías que permitan orientar a los programadores en el desarrollo de esos algoritmos inteligentes, por tal razón, este trabajo propone una metodología como herramienta para dar respuesta a esa problemática. Esta propuesta metodológica es aplicada a un caso real orientado a la gestión de dispositivos eléctricos del hogar. Esta necesidad actual permitirá propiciar el uso eficiente y responsable de la energía eléctrica en un futuro entorno inteligente.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta los trabajos relacionados con este estudio; la Sección 3 describe las técnicas analíticas de la metodología presentada; la Sección 4, la metodología es aplicada a las mediciones reales y se exponen los resultados más relevantes y sus análisis. Finalmente, la Sección 5 exhibe las conclusiones del trabajo.

2. Trabajos relacionados

No existe en literatura evidencia de que este tema sea particularmente foco de atención. En una búsqueda sistemática con la cadena ALL(“metodología” AND “desarrollar” AND “algoritmo inteligente”) sobre las fuentes: ACM DL, emerald insight, google scholar,

IEEExplore, Science Direct, Web of Science y Scopus, solo se encontraron 4 trabajos que presentan lineamientos metodológicos para implementar algoritmos inteligentes.

En el trabajo realizado por (Ibarra-Orozco et al., 2016) se presenta una metodología que utiliza técnicas de inteligencia artificial para desarrollar un algoritmo que clasifica y genera de forma automática los objetos de aprendizaje adaptables al estilo de aprendizaje del estudiante. Esta propuesta contempla 5 pasos: (i) Especificación de las dimensiones de hipermedia adaptativa. (ii) Especificación de valores para cada categoría del OA. (iii) Seleccionar un estándar de metadatos de OA. (iv) Realizar la clasificación del objeto de aprendizaje. (v) Insertar los datos de la clasificación dentro de los metadatos del OA.

En la investigación de (Francisco & others, 2019) se utilizó un marco de trabajo para generar un artefacto tecnológico (algoritmo) que resolviera la necesidad de monitorear la línea de consumo de energía eléctrica en un entorno residencial. Las etapas del marco eran: (i) Identificación del problema, (ii) diseño, (iii) desarrollo, (iv) evaluación y (v) conclusión.

En el trabajo realizado por (Delfin et al., 2018) se desarrolló un algoritmo inteligente capaz de diferenciar las principales características de cuatro variedades de manzanas y clasificarlas. La metodología usada consistió en: (i) reunir los datos necesarios, (ii) crear y entrenar la red neuronal y (iii) evaluar su rendimiento con la puesta en marcha en tiempo real.

Finalmente, en la investigación (Castro Alvarez, 2019) se aplicaron y compararon cuatro algoritmos inteligentes: Naive Bayes, Random forest, Redes Neuronales y Support Vector Machines. Se trabajó mediante la metodología de etapas de procesamiento de imágenes: i) adquisición de imagen, ii) preprocesamiento de imágenes, iii) extracción de características y iv) reconocimiento.

Las anteriores iniciativas no satisfacen completamente el objetivo de ofrecer una metodología generalizada para desarrollar algoritmos inteligentes, pues trabajan enfoques específicos, tareas que varían según el área de conocimiento y usan herramientas inteligentes sin una articulación de actividades, orden y entregables.

3. Metodología propuesta

Tomando como referencia el paradigma de modelo de procesos de la ingeniería de software, los autores elaboraron una propuesta metodológica para desarrollar algoritmos inteligentes. Dicho proceso contempla las siguientes etapas secuenciales: i) Análisis del Contexto, ii) Diseño Heurístico, iii) Codificación, y iv) Validación. Cada una de estas etapas con diferentes actividades y resultados esperados, es mostrada en la Figura 1.

3.1. Análisis del contexto

En esta etapa, se estudian las circunstancias particulares del problema que se pretende resolver. Es decir, se indaga qué procesos (actividades, cálculos) se desarrollan, qué reglas (normas, formulas, intervalos) condicionan o limitan su ejecución, y quiénes intervienen (objetos, personas, conceptos). Para ello, se debe buscar en base de datos académicas, cursos, y/o consultar (entrevistar, encuestar) expertos en el dominio.

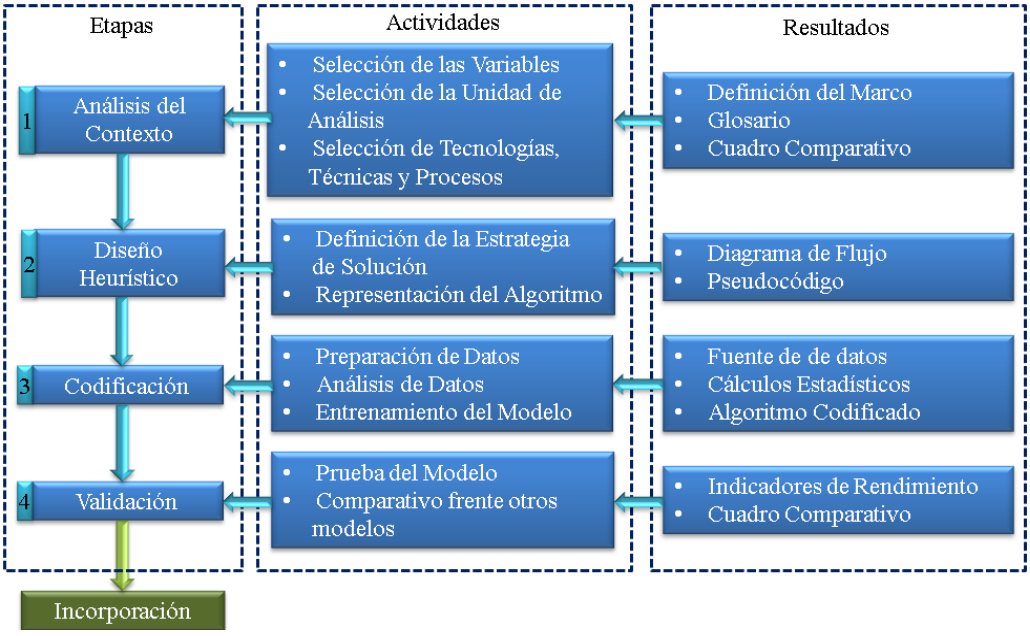


Figura 1 – Metodología para la construcción de un Algoritmo Inteligente.

Esto permite justificar el proyecto, apropiar el conocimiento necesario para entender el problema, generar los marcos (teórico, referencial, legal) y seleccionar las variables de entrada y salida, el objeto de análisis y las tecnologías técnicas y procesos a ocupar.

***Selección de Variables*:** Se detectan, clasifican dependiendo de su relación, operabilidad o valor de medición, y validan que sean operables y de impacto. Las variables de entrada influyan en la salida, entonces, es importante la medición, el indicador y la unidad de medida.

Selección de la Unidad de Análisis: Corresponde a la selección de la entidad mayor o representativa de lo que va a ser objeto específico de estudio en una medición. Se refiere al qué o quién es objeto de interés en la investigación.

Selección de Tecnologías, Técnicas, y Procesos: Se estudian y definen las tecnologías, técnicas y procesos que se deben utilizar para llevar implementar la solución propuesta. Una técnica se entiende como el conjunto de procedimientos o recursos que se usan por medio de su práctica y habilidad; y la tecnología como el conjunto de conocimientos y técnicas que se aplican de manera ordenada para alcanzar un determinado objetivo (Vidal Ledo et al., 2019).

3.2. Diseño heurístico

Luego se define la estrategia de solución mediante el uso de la creatividad y el raciocinio, estimando la complejidad y proyectando los componentes del algoritmo. Es decir,

se modela la aproximación de solución sin que sea un impedimento el lenguaje de programación ni la infraestructura.

***Definición de la Estrategia de Solución*:** Se da a conocer la estrategia específica, el paradigma de programación, los componentes y las funcionalidades a implementar. Un algoritmo inteligente contiene pasos heurísticos capaces de alimentarse de una base de conocimientos que permiten a largo plazo aumentar y mejorar los resultados (Wang & Kuh, 1992). Un algoritmo se define inteligente cuando en su conjunto de instrucciones se incorpora un proceso de aprendizaje que permite a través de datos de entrenamiento y pruebas, encontrar un patrón (Geosapience, 2020). Lo cual, conlleva al desarrollo de un nivel de inteligencia que no depende de la intervención humana sino de los crecientes conjuntos de datos de diferentes fuentes que obtiene y procesa eficientemente a través de la experiencia (Ionos, 2020).

Representación del Algoritmo: Se esboza a través de diagramas de flujo o pseudocódigo la estrategia de solución definida.

3.3. Codificación

En esta etapa, mediante un lenguaje de programación y un entorno de desarrollo, se acomete el objetivo de codificar el Algoritmo. Para ello, se establecieron previamente el lenguaje, el paradigma de programación y los componentes del código fuente. Esto posibilita el funcionamiento del algoritmo para obtener la salida deseada, a través de la ejecución de funciones, importación de librerías e incorporación y procesamiento de datos de entrada.

Preparación de Datos: Se realiza un proceso de extracción, transformación y carga de datos. En otras palabras, se extraen los datos de diferentes fuentes tales como bases de datos relacionales y no relacionales, ficheros planos, u otras estructuras. Puede ser necesario una transformación sobre los datos extraídos para convertirlos en aquellos que serán cargados y usados en el estudio.

Análisis de Datos: Una vez recolectados los datos es necesario organizarlos, clasificarlos y resumirlos adecuadamente, de manera tal que posibilite un mejor análisis de la información obtenida.

Entrenamiento del Modelo: Se detallan los pasos considerados en el proceso de aprendizaje a partir de los datos que recibe y analiza, según las condiciones existentes. Esto concierne la enseñanza con datos de entrada y salida, que produce la experiencia que el algoritmo usa para aprender. En problemas de aprendizaje supervisado, cada observación consiste en una variable de salida observada y una o más variables de entrada observadas (Rodriguez et al., 2014).

3.4. Validación

En esta etapa se comprueba la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos, garantizando que el algoritmo sea lo más objetivo y preciso posible, es decir, que la respuesta corresponda con los hechos reales.

Prueba del Modelo: Se realiza a través de un conjunto de observaciones utilizadas para evaluar el rendimiento (eficiencia, tiempo y calidad) del modelo. Es importante que no se incluyan observaciones del conjunto de entrenamiento en el conjunto de prueba, pues resultaría difícil evaluar si el algoritmo ha aprendido a generalizarse a partir del conjunto de entrenamiento o simplemente lo ha memorizado. Además, para validar los resultados de un análisis estadístico, y garantizar que son estos independientes de la partición entre datos usados de entrenamiento y prueba, se puede emplear la técnica de validación cruzada, la cual consiste en repetir el proceso a evaluar con distintos subconjuntos de datos, y calcular la media aritmética obtenida en cada caso, las cuales al compararlas deben ser similares.

***Comparativo frente a otros Modelos*:** Se usa la comparación, como parámetro de referencia teniendo en cuenta trabajos desarrollados en el pasado por otros investigadores o soluciones que contemplaron otras estrategias, técnicas y/o tecnologías.

3.5. Incorporación

Una vez desarrolladas las 4 etapas, se piensa en la puesta en marcha del algoritmo inteligente dentro de un entorno de producción, ya sea embebido en un hardware o como parte de un software (escritorio, web o app móvil). Para lo cual, se debe considerar el alcance del proyecto, las limitantes y ventajas en cada entorno, el rendimiento (tiempo de procesamiento y respuesta), y su correcto funcionamiento.

4. Estudio de caso

Esta metodología se aplicó a un caso en que se pretendía desarrollar un algoritmo inteligente para identificar el dispositivo eléctrico conectado a la red eléctrica del hogar. Esto se realizaría a través de la extracción de datos de las variables eléctricas medidas mediante un enchufe inteligente, procesando y extrayendo conocimiento de los datos de consumo eléctrico, conociendo las características o perfil de un dispositivo específico. Este algoritmo sería el componente básico para la implementación de un software inteligente de gestión que posibilite conocer el consumo específico de un dispositivo en un lapso de tiempo, calcular costos de consumo y definir políticas de eficiencia.

Esta aplicación propiciará la interacción responsable e inteligente entre el usuario y el dispositivo, contribuyendo de tal manera a la visión y política energética 2050, donde las edificaciones serán construcciones eficientes que cuentan con sistemas de control y gestión inteligente de energía. A continuación, se evidencia de manera resumida por razones de longitud del paper, el proceso de construcción del algoritmo inteligente a través del desarrollo de cada uno de los pasos contemplados en la metodología.

4.1. Análisis del contexto

Se requirió conocer el contexto IoT, los conceptos informáticos y eléctricos involucrados, además del comportamiento de consumo de los dispositivos, las etiquetas, los datos recolectados, y las tecnologías disruptivas. Para ello se consultaron bases de datos académicas, expertos y proyectos similares. Una vez entendido y apropiado el problema,

se realizó la selección de las variables, los dispositivos y las tecnologías, lo cual se detalla a continuación.

Selección de Variables: Tras analizar, revisar el estado del arte, y recibir una retroalimentación de especialistas contactados, se seleccionaron las variables relevantes para definir los parámetros en el análisis de consumo, la construcción del patrón de cada dispositivo y el algoritmo de identificación. Dichas variables fueron Voltaje (V), Corriente (I), Potencia Activa (P), Factor de Potencia (FP), además de una variable temporal denominada Momento (M), que proporciona el tiempo en el que se captó la medida.

Selección de la Unidad de Análisis*:* Los dispositivos eléctricos del hogar (electrodomésticos). La selección representativa y relevante de la muestra se hizo de una manera justificada, para lograrlo se tuvo en cuenta (i) las etiquetas de eficiencia energética, (ii) estudios similares y un (iii) análisis de los dispositivos según su nivel de consumo y causa para la cual fueron creados. Respecto al consumo eléctrico de los dispositivos se consideró: (i) todos los equipos que tenían resistencia eléctrica eran de alto consumo; (ii) aunque los dispositivos estuviesen apagados consumían energía, y, por tanto, para tener consumo cero tendrían que estar desconectados; (iii) el mismo dispositivo dependiendo del uso fluctuaba el consumo, por ejemplo, el computador en casos de escribir texto, oír música o jugar.

Además se tomaron mediciones de varios dispositivos eléctricos tales como aspiradora, cafetera, calefactor, consola de video juegos, hervidor, horno eléctrico, humidificador, lámpara luz led, lavadora, licuadora, microondas, notebook, plancha, parrilla eléctrica, proyector, refrigerador, router, secador de pelo y televisor. Esto con el objetivo de hacer una comprobación práctica de la clasificación de manera analítica y gráfica, aplicando estadística, técnicas y algoritmos de agrupación sobre los datos de consumo.

Para tener una idea de la naturaleza de los dispositivos medidos según su consumo, se aplicó clusterización (ver Figura 2), obteniendo 3 grupos de dispositivos, bajo consumo (azul), consumo medio (rojo), alto consumo (verde), comprobando experimentalmente la información prevista por las etiquetas y los fabricantes de estos productos. Respecto al tamaño de la muestra, de los datos disponibles capturados cada 10 segundos, se tomaron las 50 mediciones iniciales, obteniendo de tal manera, 300 datos por cada dispositivo.

Selección de Tecnologías, Técnicas y Procesos: Se definió el proyecto no como un problema descriptivo sino predictivo, pues el interés no era conocer el estado actual del consumo de un dispositivo, sino a partir de datos identificar el dispositivo a través de su comportamiento de consumo. Para esto, se etiqueta el dispositivo, se cataloga como parte de un grupo, y posteriormente se estima su identidad. Para esto, se presenta un modelo de aprendizaje supervisado, lo cual induce a considerar algunas técnicas predictivas como árboles de decisión, inducción de reglas, métodos bayesianos, métodos basados en casos y vecindad, máquinas de soporte vectorial, y las redes neuronales artificiales, siendo esa última la técnica seleccionada.

Para seleccionar el lenguaje más apropiado, se estudiaron las limitantes y bondades de los más usados. Finalmente, se decidió emplear Python, ya que es un lenguaje de alto nivel, multiplataforma, interpretado y usado en dominios y tecnologías algo complejas.

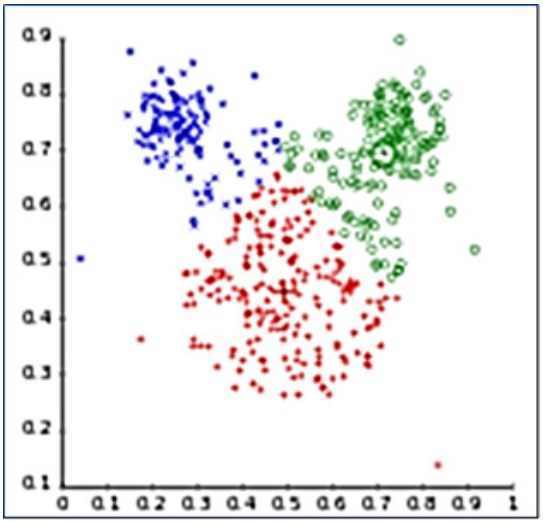


Figura 2 – Clúster tipos de Dispositivos Eléctricos

Además, este lenguaje tiene gestión de memoria automática, es decir, puede ocupar matrices, aritmética, objetos, variables, una variedad de paradigmas de programación; así como de algunos otros conceptos de la computación. Además, cuenta con una oferta de código abierto (librerías, modelos, ejemplos, entornos de desarrollo, y pruebas).

Para facilitar y potencializar los procesos de análisis, visualización y aprendizaje se usaron diferentes paquetes y librerías de Python, por ejemplo, NumPy, Panda, Matplotlib, Scikit-Learn, entre otros. NumPy como contenedor de datos genéricos que comprenden un objeto de matriz N-dimensional. Pandas como la biblioteca de código abierto que suministra a los usuarios estructuras de datos y herramientas analíticas. Matplotlib como una biblioteca de trazado 2D con interfaz gráfica de kits de herramientas, scripts y servidores de aplicaciones web. Scikit-Learn como una herramienta eficiente para analizar datos, la cual suministra código abierto y la biblioteca de aprendizaje.

4.2. Diseño heurístico

En esta sección se detalla el diseño del algoritmo en relación a sus procesos y funcionalidades programadas para la identificación del dispositivo.

Definición de la Estrategia de Solución: Se precisó bajo un paradigma imperativo y una programación orientada a objetos. Esto permite usar métodos específicos en un orden dado, y emplear polimorfismo, instancias, abstracción, modularidad, entre otros, lo que brinda orden y eficiencia del código, facilita el entendimiento del proceso diseñado, y la posibilita hacer cambios o mejoras si fuese necesario. Finalmente, se le dotó de inteligencia al incorporar librerías, métodos, técnicas de Datamining, Machine Learning, que posibilitan crear gráficos, extraer, limpiar, analizar datos, crear red neuronal, simular un proceso de aprendizaje, validar el algoritmo, entre otras funcionalidades.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el algoritmo está conformado por 4 componentes generales: (i) Un proceso de extracción, transformación y carga de los datos; (ii) análisis del patrón de consumo por cada dispositivo medido; (iii) entrenamiento e identificación del dispositivo; y (iv) identificación automática del dispositivo. Los tres primeros (i, ii, iii) fueron desarrollados en este estudio y el (iv) se postula como trabajo futuro.

Representación del Algoritmo: Se muestra a través de un diagrama de flujo (ver Figura 3), las actividades secuenciales realizadas para la construcción del algoritmo inteligente. Este diagrama forma parte del lenguaje unificado de modelado (UML) y su objetivo es facilitar la comprensión y análisis del proceso.

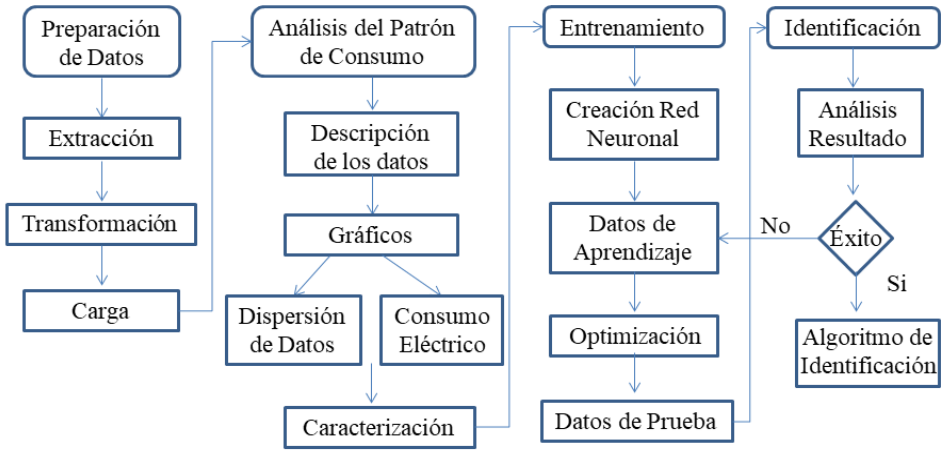


Figura 3 – Diagrama de Flujo del Algoritmo

4.3. Codificación

En esta sección se explican cada una de las actividades además de los métodos diseñados y codificados. Haciendo uso de las técnicas, tecnologías y procesos seleccionados, se inició el proyecto empleando el entorno de desarrollo de Python llamado Jupyter, el cual fue seleccionado por su interactividad, facilidad de uso, y robustez para ejecutar segmentos de código a modo de prueba. Al abrir esta herramienta, se creó un notebook logrando así el despliegue del área de trabajo. Luego, empleando Python 3.7.3 se importaron las siguientes las librerías: scipy v1.2.1, numpy v1.16.2, matplotlib v3.0.3, pandas v0.24.2, sklearn v0.20.3, y mysql.connector v4.9.1.

Preparación de Datos: En esta fase, se muestra el proceso de extracción, transformación y carga realizado, es decir, las acciones para mover datos desde múltiples fuentes, reformatearlos y limpiarlos, y cargarlos en una base de datos. La extracción está sujeta a un nivel de fiabilidad, y conversión. El 100% de fiabilidad cuando se ha medido personalmente los valores con un aparato de gran precisión que sirve para medir consumos. Los valores entre el 99% y 90% de fiabilidad provienen de los manuales de

los aparatos. Los valores más bajos de 90% significan que los datos provienen de otras fuentes y la fiabilidad se da en función de varios factores.

La medición eléctrica de cada dispositivo contempló un proceso de conversión para minimizar el ruido, y recolección de 7 veces de acuerdo con lo sugerido en (Lovera, 2010) con el fin de alimentar la base de datos (BD). Posteriormente, se hizo un script SQL, el cual permitió migrar los datos del formato csv a la BD a través del sistema gestor de BD mysql. Se crearon diferentes tablas, una por cada dispositivo, y por los subconjuntos de dispositivos conectados.

***Análisis de Datos**:* Después de obtener los datos se procedió a describirlos analíticamente apoyado en la estadística, es decir, mediante su conteo, mediana, promedio, desviación estándar, mínimo, percentiles y máximo. Para facilitar la compresión de los datos, se desarrollaron representación gráfica empleando diagramas de caja, diagramas de barras, y la matriz de dispersión de las variables medidas. Posteriormente, se estudió el comportamiento de consumo de los dispositivos eléctricos, logrando así conocer cómo evolucionan los datos de cada variable a través del tiempo, identificando algunas tendencias y factores discriminantes. Un ejemplo de esto se puede ver en la figura 4.

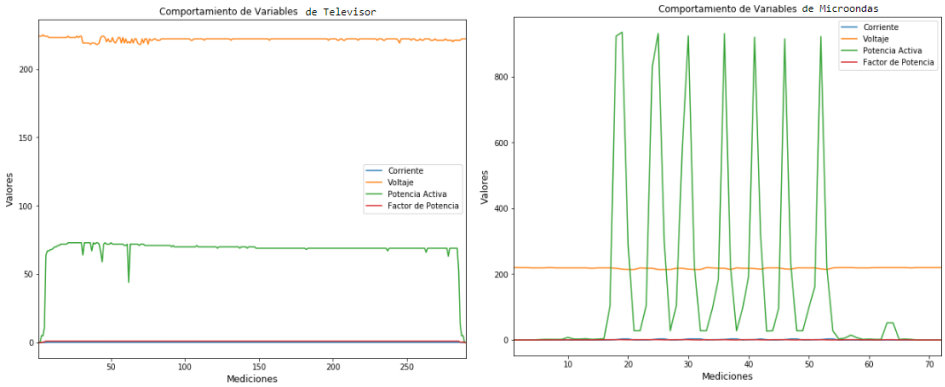


Figura 4 – Dispersión de datos televisor y microondas.

Luego de ver el comportamiento no lineal del consumo eléctrico, la similitud que pueden tener los dispositivos, el sesgo en la medición, entre otros factores, se decide implementar un modelo general, inducido a partir de un conjunto de datos reales que permita ser aplicado sobre otros datos distintos con el más alto grado de precisión y completitud posible. Por tanto, se presenta la cuestión acerca de cómo debe ser el conjunto de datos, tanto en tamaño y características (Yan et al., 2018).

Entrenamiento del Modelo: Para procesar las mediciones y caracterizar el perfil de consumo del dispositivo mediante la extracción de las características eléctricas, se construye un modelo neuronal que permita la identificación del dispositivo. Para ello resultó necesario crear y entrenar una red neuronal, la cual se basa en una determinada arquitectura, con pesos sinápticos iniciales aleatorios, y teniendo en cuenta la función

de activación que es la función sigmoidea (Sanchez & Alanis, 2006), ya que muestra el proceso de aprendizaje como una progresión desde comienzos pequeños que acelera y se acerca a su clímax con el tiempo.

El entrenamiento de la red consistió en iteraciones continuas del código (algoritmo) desarrollado hasta obtener el modelo deseado. Durante este proceso, la red neuronal ajusta las ponderaciones de los pesos de las neuronas para minimizar el error de la salida con respecto al conjunto de datos de entrenamiento.

Dicho conjunto debió ser representativo en términos de dispersión para que la red fuera capaz de interiorizar los distintos escenarios del conjunto de datos de prueba. El entrenamiento se detuvo cuando el error en el conjunto de datos de prueba aumentaba. De este modo, se evitó el sobre entrenamiento de la red neuronal. Para esta etapa, bajo un aprendizaje supervisado, se utilizó por cada dispositivo un conjunto de 50 mediciones, separando 40 para el entrenamiento.

El modelo se entrenó teniendo en cuenta los siguientes aspectos: (i) Los factores externos como temperatura, electromagnetismo, interferencia, y fallas del objeto de medición, (ii) la multifuncionalidad del dispositivo, es decir, un electrodoméstico puede tener diferentes usos y estados de funcionamiento, solo se consideró uno, y (iii) el consumo del dispositivo, el cual es cero solo cuando los dispositivos están desconectados y fluctúa dependiendo del tiempo de conexión, tipo de uso y naturaleza del dispositivo.

Posteriormente, se realizaron múltiples lecturas de manera aislada sobre el mismo dispositivo, es decir, sin estar conectado en paralelo otro dispositivo, logrando así, asociar el modelo a un dispositivo en específico bajo ciertas condiciones y características.

4.4. Validación

Cuando la red ha finalizado la etapa de entrenamiento, se debe determinar si la red neuronal ha logrado generalizar el fenómeno que se desea modelar o no. En caso de que la red logre simular satisfactoriamente, se detiene el proceso de entrenamiento.

Pruebas del Modelo: Al ser predictivo se realizan con la simulación de las variables de entrada del conjunto de datos de prueba y su comparación con el valor estimado por la red. Para el desarrollo de entrenamientos y pruebas, se utilizó la validación cruzada por K-Folds, lo que permitió ir ajustando el modelo, teniendo como premisa que el error de entrenamiento fuese bajo para que pueda aprender. Además, que el modelo sea capaz de generalizar, para lo cual se hizo necesario que el error de generalización fuese bajo, y no alto para evitar sobreajuste.

Comparativo frente a otros Modelos: luego de implementar el algoritmo con redes neuronales, probar y obtener resultados, se sometieron los datos a otros métodos que pudieron haberse empleado o fueron considerados por otros proyectos. Los métodos empleados fueron regresión lineal (LR), análisis discriminante lineal (LDA), k vecinos (KNN), arboles de regresión y clasificación (CART), redes bayesianas (NB), máquina de vectores de soporte (SVM). A continuación, se muestra su análisis estadístico (ver Figura 5) orientado a mostrar la confianza y error de cada uno de los métodos anteriormente mencionados, reflejando de tal manera su nivel de rendimiento.

```
   Resultados de la Evaluación
Método  Confianza       Error
LR:     0.762500        (0.130504)
LDA:    0.875000        (0.125000)
KNN:    0.962500        (0.057282)
CART:   1.000000        (0.000000)
NB:     0.850000        (0.134629)
SVM:    0.950000        (0.082916)
```

Figura 5 – Evaluando el modelo con otros métodos

5. Conclusiones

Para crear entornos inteligentes es necesario desarrollar softwares inteligentes capaces de gestionar estos espacios. Para obtener estos softwares inteligentes se requieren algoritmos inteligentes que a través de una serie de pasos lógicos y ordenados permitan obtener dichos resultados. Por tal razón, resulta importante una metodología capaz de orientar y brindar las herramientas para la construcción de este tipo de algoritmos.

Aunque existen escasos esfuerzos en proponer metodologías que permitan desarrollar algoritmos inteligentes, estos trabajos no exponen de manera clara y detallada las etapas y actividades que se requiere para este fin.

Por esta razón, se propuso una metodología que consta de 4 etapas (Análisis del Contexto, Diseño Heurístico, Codificación, y Validación), que toma como referencia las etapas de la ingeniería de software, brindando así, un proceso científico metódico familiar para los programadores. Además, incorpora la minería de datos y el maching learning como áreas de apoyo para la gestión de grandes volúmenes de datos y el uso de modelos de aprendizaje.

Esta propuesta metodológica permitirá al equipo de trabajo orientar el proceso de creación del algoritmo. Además de reducir el riesgo y los tiempos de desarrollo, de esta manera, se podrán gestionar de manera eficientes las etapas y actividades, que permiten así, obtener un algoritmo inteligente. Es importante mencionar que esta metodología propone un conjunto de pasos que pueden ajustarse según la envergadura y requerimientos del proyecto, entendiendo, que esta propuesta metodológica tiene como objetivo ser un referente en este tipo de trabajos.

Finalmente, esta metodología fue utilizada en un caso de estudio de consumo eléctrico, logrando con éxito un algoritmo inteligente capaz de identificar los dispositivos conectados a la red eléctrica del hogar. Lo anterior, permite validar que la propuesta es eficiente y puede ser usada en cualquier dominio de problema donde se requiera construir este tipo de algoritmos.

Referencias

Botta, A., de Donato, W., Persico, V., & Pescape, A. (2016). Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. *Future generation computer systems-the international journal of escience*, *56*, 684–700. https://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.021

Castro Alvarez, G. T. (2019). *Aplicación de algoritmos inteligentes para reconocimiento automático de enfermedades foliares de cultivo de palta*.

Delfin, C. M., González, C. J., & Rojas, J. C. O. (2018). Clasificación de manzanas utilizando visión artificial y redes neuronales artificiales. *Ingeniería y Región*, *20*, 52–57.

Francisco, M. S., & others. (2019). *Arquitectura de software SIEM para el monitoreo en línea de consumo de energía eléctrica en un entorno residencial utilizando un algoritmo inteligente*.

Geosapience. (18 de 03 de 2020). Obtenido de https://www.geo-sapience.com/algunos-conceptos-machine-learning/

Ibarra-Orozco, R., Gordillo, A. O. V., Ramírez-Santiago, B., & Castillo-Silva, F. (2016). Metodología para la creación de objetos de aprendizaje adaptables al estilo de aprendizaje. *Res. Comput. Sci.*, *111*, 203–211.

Ionos. (19 de 03 de 2020). *Fascinación AI: ¿qué es la inteligencia artificial?* Obtenido de https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/vender-en-internet/que-es-la-inteligencia-artificial/

Li, M., Porter, A. L., & Suominen, A. (2018). Insights into relationships between disruptive technology/innovation and emerging technology: A bibliometric perspective. *Technological forecasting and social change*, *129*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.032

Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. *IEEE internet of things journal*, *4*(5, SI), 1125–1142. https://doi.org/10.1109/JIOT.2017.2683200

Love, P. E. D., Matthews, J., & Zhou, J. (2020). Is it just too good to be true? Unearthing the benefits of disruptive technology. *International journal of information management*, *52*.

Lovera, F. (2010). *Sistema de reconocimiento de voz con dispositivos moviles aplicado a casos inteligentes*. Faultad de Ingenieria, Universidad Autonoma de Mexico.

Obal, M. (2017). What drives post-adoption usage? Investigating the negative and positive antecedents of disruptive technology continuous adoption intentions. *Industrial marketing management*, *63*, 42–52. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.01.003

Palattella, M. R., Dohler, M., Grieco, A., Rizzo, G., Torsner, J., Engel, T., & Ladid, L. (2016). Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture, and Business Models. *IEEE journal on selected areas in communications*, *34*(3), 510–527.

Pressman, R. S. (2010). *Ingenieria del Software, Un enfoque practico. Espana: Editorial Mac Graw Hill*. Interamericana de Espana SA.

Rodriguez, M., González, I., & Zalama, E. (2014). Identification of electrical devices applying big data and machine learning techniques to power consumption data. In *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering* (Vol. 70, pp. 37–46). Springer.

Sanchez, E. N., & Alanis, A. Y. (2006). Redes neuronales: conceptos fundamentales y aplicaciones a control automatico. *Cinvestav Unidad Guadalara. Editorial Prentice Hall*.

Vidal Ledo, M. J., Carnota Lauzan, O., & Rodriguez Diaz, A. (2019). Tecnologias e innovaciones disruptivas. *Educacion Medica Superior*, *33*(1).

Wang, E. H.-., & Kuh, A. (1992). A smart algorithm for incremental learning. *[Proceedings 1992] IJCNN International Joint Conference on Neural Networks*, *3*, 121–126 vol.3. https://doi.org/10.1109/IJCNN.1992.227182

Xie, T. (2018). Intelligent Software Engineering: Synergy between AI and Software Engineering. *ISEC'18: proceedings of the 11th innovations in software engineering conference*. Https://doi.org/10.1145/3172871.3172891

Yan, S., Zhang, L., & Liu, D. (2018). An empirical study on optimization of training dataset in harmfulness prediction of code clone using ensemble feature selection model. *2018 5th international conference on information and communication technologies for disaster management (ict-dm)*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/09/2020
Aceitação/Acceptance: 18/11/2020

Sistemas de Lógica Difusa para la Evaluación de Usabilidad de Sitios Web de Gobierno Electrónico: Una Revisión Sistemática

Manuel Delgado[1], Freddy Paz[2], Manuel Tupia[3]

mjdelgado@pucp.edu.pe; fpaz@pucp.edu.pe; tupia.mf@pucp.edu.pe

[1] Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, 51087, Lima, Perú.

[2] Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, 51087, Lima, Perú

[3] Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, 51087, Lima, Perú.

Pages: 141-154

Resumen: Los procesos de transformación digital de la administración pública han conducido a una progresiva masificación de los servicios de gobierno electrónico en la forma de portales web que reúnen todos aquellos que cada estado pone en consideración hacia sus ciudadanos. Uno de los aspectos más importantes para fomentar el uso de estos servicios, en circunstancias como la pandemia que asola al mundo, es la facilidad de uso de los mismos. En este artículo, se presentan los resultados de una revisión sistemática del estado del arte que describe el uso de sistemas informáticos basados en lógica difusa para efectuar la medición de la usabilidad de sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico.

Palabras-clave: Usabilidad; Lógica Difusa; Gobierno Electrónico; Revisión Sistemática

Fuzzy-Logic Systems for the Evaluation of the usability of E-Government Websites: A Systematic Review

Abstract: The digital transformation processes of public administration have led to a progressive massification of electronic government services in the form of web portals that bring together all those that each state puts into consideration towards its citizens. One of the most important aspects to promote the use of these services, in circumstances such as the pandemic that is ravaging the world, is their ease of use. This article presents the results of a systematic review of the state of the art that describes the use of computer systems based on fuzzy logic to measure the usability of websites that provide electronic government services.

Keywords: Usability; Fuzzy Logic; E-Government; Systematic Review

1. Introducción

En la actualidad, una de las características esenciales a tener en cuenta en el desarrollo de software es la usabilidad, entendida como el grado el cual un sistema, producto o servicio

puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar sus objetivos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso (ISO 9241-2010, 2010). Debido a la importancia de la usabilidad en la masificación de uso de un software, es que resulta primordial asegurar un alto grado de este indicador para fortalecer la experiencia y satisfacción del usuario, así como también, del logro de sus objetivos debido a que contribuye firmemente a una alta productividad, eficiencia y facilidad de uso reduciendo de esta forma, el grado de aprendizaje necesario (Hartson & Pyla, 2019).

Por otro lado, a través de los años se han propuesto distintos métodos destinados a la evaluación de la usabilidad. A modo de ejemplo, se puede mencionar a las evaluaciones heurísticas propuestas por Jakob Nielsen (1994), las cuales consisten de directrices generales aplicables a cualquier software para realizar una evaluación integral de la usabilidad. Sin embargo, existen pocas aproximaciones para la medición cuantitativa de la usabilidad, debido a que la gran mayoría, como la mencionada anteriormente, tienen carácter cualitativo (Granollers, 2016).

Es por ello que la aplicación de técnicas de la Inteligencia Artificial podría ayudar a obtener valores cuantitativos y fácilmente comparables de forma que se pueda identificar, en una etapa temprana del desarrollo de software, una propuesta de diseño superior a otra en términos de usabilidad. Al obtener un valor cuantitativo sobre el nivel de usabilidad de un sitio web, es posible realizar comparaciones con otras plataformas que ofrezcan funcionalidades o servicios similares y determinar en qué grado se encuentra un sitio frente a otros referentes.

Entre estas técnicas que permiten cuantificar constructos, se puede destacar a la lógica difusa, el cual es un método que consiste en proveer un medio natural para lidiar con problemas en los que la fuente de imprecisión es la ausencia de criterios claramente definidos de pertenencia a una determinada clase (Zadeh, 1965). A pesar de los beneficios tangibles que implica el empleo de esta técnica, se ha podido evidenciar que su utilización no se encuentra difundida para la medición de la usabilidad en aplicaciones web de gobierno electrónico (Lestari et al., 2017).

A nivel global, la modernización de la administración pública se ha alcanzado con la presencia del gobierno electrónico, que se define como el uso de información y tecnologías de comunicación para prestar servicios públicos de forma que se mejoren tanto la efectividad de esta gestión (Unión Internacional de la Telecomunicación, 2009) y los servicios de gobierno digital que consisten en la prestación de servicios públicos utilizando tecnologías de internet en las que la interacción de un ciudadano con una organización pública está mediada en parte o completamente por un sistema de Tecnología de Información (Lindgren et al., 2019). Actualmente, estos servicios son brindados mediante el empleo de aplicaciones web y móviles las cuales, al ser soluciones ofrecidas para la utilización de la ciudadanía, deben presentar la característica crucial de contar con altos grados de usabilidad.

2. Marco Teórico

2.1. Usabilidad

La ISO 9241-2010 define a la usabilidad como “el grado en el cual un sistema, producto o servicio puede ser usado por usuarios específicos para alcanzar sus objetivos con

efectividad, eficiencia y satisfacción en un determinado contexto de uso" (ISO 9241-2010, 2010).

Por otro lado, enfocándonos más en el dominio web, Gill nos define que "un sitio web usable es aquel en donde un visitante puede fácilmente encontrar lo que está buscando y realizar de forma exitosa lo que vino a hacer a este sitio web sin tener que recurrir a una búsqueda frustrante" (Gill, 2012)

2.2. Lógica Difusa

La lógica difusa, perteneciente al área de la Inteligencia Artificial, fue investigada inicialmente por Lofti Zadeh en 1965 en su artículo "Fuzzy Sets" (Zadeh, 1965). Conceptualizada en un inicio como "conjunto difuso", este artículo matemático presenta su definición como "una clase con diversos grados de pertenencia".

Este marco matemático nos permite realizar un tratamiento sistemático a la imprecisión e incertidumbre producidas, principalmente, por variables con un alto índice de ambigüedad. Según los conjuntos clásicos, el clima o es frío o es caliente. Sin embargo, con lógica difusa el clima puede ser caliente y frío a la vez a un cierto grado de pertenencia en ambos conjuntos. Además, Zadeh menciona que "este marco de trabajo provee un medio natural para lidiar con problemas en los que la fuente de imprecisión es la ausencia de criterios definidos claramente de pertenencia de clases en vez de la presencia de variables aleatorias" (Zadeh, 1965).

2.3. Gobierno electrónico y servicios de gobierno electrónico

Por otro lado, la conceptualización de gobierno electrónico, ofrecido por la Unión Internacional de la Telecomunicación (ITU: International Telecommunication Union), es "el uso de información y tecnologías de comunicación en el gobierno para prestar servicios públicos, para mejorar la efectividad en la administración y para promover valores democráticos, así como un marco regulatorio que facilita iniciativas de información intensiva y promueva el conocimiento de la sociedad" (Unión Internacional de la Telecomunicación, 2009).

3. Revisión sistemática del estado del arte

3.1. Objetivos de la revisión

La presente revisión sistemática tiene como objetivo identificar aquellos estudios y trabajos que utilizan técnicas de inteligencia artificial en la medición de la usabilidad en aplicaciones web de portales conteniendo servicios digitales de gobierno electrónico. Para ello, se plantea realizarla tomando en consideración el protocolo propuesto por B. Kitchenham (Kitchenham & Brereton, 2013). Esta metodología ha sido diseñada específicamente para identificar estudios en el área de Ingeniería de Software. Los pasos descritos nos permiten obtener investigaciones altamente relevantes al tema de investigación, así como también, la posibilidad de replicación de los resultados obtenidos.

Para lograr la consecución del objetivo de revisión, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- P1. ¿De qué manera la inteligencia artificial ha sido empleada para medir la usabilidad de aplicaciones web?
- P2. ¿En qué dominios de aplicación web se reporta el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad?
- P3. ¿Cuáles son los atributos más empleados en estudios de evaluación de usabilidad utilizando lógica difusa?
- P4. ¿De qué manera se han utilizado sistemas o modelos basados en lógica difusa para medir aplicaciones web de gobierno electrónico?

3.2. Estrategia de búsqueda

A continuación, se muestran las cadenas de búsqueda elaboradas para cada motor de búsqueda:

- Scopus

  TITLE-ABS-KEY ((“usability” OR “user experience” OR “usable”) AND (“software” OR “system” OR “application”) AND (“web”) AND (“measur*” OR “evaluat*” OR “assess*”) AND (“artificial intelligence” OR “fuzzy” OR “neural network” OR “bayesian”))
- Web of Science
  TOPIC: ((“usability” OR “user experience” OR “usable”) AND (“software” OR “system” OR “application”) AND (“web”) AND (“measur*” OR “evaluat*” OR “assess*”) AND (“artificial intelligence” OR “fuzzy” OR “neural network*” OR “bayesian”))
- ACM Digital Library
  [[Abstract: “usability”] OR [Abstract: “user experience”] OR [Abstract: “usable”]] AND [[Abstract: “software”] OR [Abstract: “system”] OR [Abstract: “application”]] AND [Abstract: “web”] AND [[Abstract: “measur*”] OR [Abstract: “evaluat*”] OR [Abstract: “assess*”]] AND [[Abstract: “artificial intelligence”] OR [Abstract: “fuzzy”] OR [Abstract: “neural network*”] OR [Abstract: “bayesian”]]

Los criterios de inclusión identificados en la presente revisión sistemática se presentan a continuación:

- El estudio reporta la ejecución de una evaluación de usabilidad en el dominio web mediante técnicas de inteligencia artificial.
- El estudio describe una propuesta, marco de trabajo o metodología de evaluación de usabilidad a sistemas web aplicando técnicas de inteligencia artificial.
- El estudio muestra una comparativa de técnicas de inteligencia artificial que podrían ser utilizadas en la evaluación de usabilidad de aplicaciones web.
- El estudio describe un modelo basado en lógica difusa para medir el nivel de usabilidad de sistemas web.
- El estudio describe el desarrollo o uso de un sistema de software que permite medir el nivel de usabilidad empleando técnicas de inteligencia artificial.

Por otro lado, los criterios de exclusión seleccionados son los siguientes:

- El estudio está redactado en un idioma diferente al inglés o español.
- El estudio reporta la evaluación de usabilidad a un dispositivo electrónico o de hardware.
- El estudio no está relacionado a aplicaciones web.
- El estudio no describe la utilización de una técnica de inteligencia artificial para la medición de la usabilidad.

La revisión se realizó entre marzo y abril del 2020, en tres bases de datos de artículos indexados como se presentan a continuación en la tabla 1:

Motor de búsqueda	Resultados de la búsqueda	Artículos repetidos	Artículos relevantes
Scopus	285	-	44
Web of Science	34	24	3
ACM Digital Library	6	0	0
Total	**325**	**301**	**47**

Tabla 1 – Resultados del proceso de búsqueda sistemática

La Tabla 2 muestra los estudios considerados como relevantes para la revisión sistemática, después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

3.3. Resultados de la revisión

Una vez efectuada la revisión sistemática, se procede a agrupar los resultados de manera que permitan responder a las preguntas de investigación establecidas.

Resultados para la pregunta 1 "¿De qué manera la inteligencia artificial ha sido empleada para medir la usabilidad de aplicaciones web?".

La tabla 3 muestra los resultados que responden a la pregunta antes mencionada:

Método de inteligencia artificial	Número de veces que se usó el método	Artículos
Lógica Difusa	*27*	*(Alfimtsev and Sakulin, 2017), (Alfimtsev et al., 2016), (Alharbe, 2020), (Alharbe, 2019), (Bedi & Banati, 2005), (Chaudhary & Sangwan, 2015), (Chynał et al., 2013), (Harshan et al., 2018), (Hub & Zatloukal, 2010), (Hub & Zatloukal, 2009), (Jankowski et al., 2016), (Jankowski et al., 2017), (Kumar et al., 2020), (Lemos & Nunes, 2018), (Lestari et al., 2017), (Liu et al., 2018), (Liu et al., 2010), (Masudin & Saputro, 2016), (Nagpal et al., 2016), (Pandey & Daniel, 2016), (Papatheocharous et al., 2013), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019), (Sicilia & García, 2003), (Singh et al., 2017), (Wahyuningrum et al., 2019), (Zheng et al., 2016)*

Método de inteligencia artificial	Número de veces que se usó el método	Artículos
Redes Neuronales Artificiales	6	*(Bakaev et al., 2016), (Bakaev et al., 2017), (Bakaev et al., 2017), (Khan & Sahai, 2011), (McGlinn et al., 2017), (Sahi, 2018)*
Aprendizaje de Máquina	5	*(Charonyktakis et al., 2016), (Luo et al., 2016), (Oztekin, 2011), (Oztekin et al., 2013), (Serdar Biçer & Diri, 2016)*
Inteligencia Artificial en general	4	*(Aviz et al., 2019), (Chen, 2018), (Meyer et al., 2020), (Papatheocharous et al., 2014)*
Redes Neuronales Profundas Recurrentes	2	*(Chen et al., 2019), (Soh et al., 2017)*
Redes Bayesianas	1	*(Rim et al., 2017)*
Agentes Inteligentes	1	*(Petroni, 2007)*
Retropropagación	1	*(Guo et al., 2016)*

Tabla 3 – Artículos que reportan el uso de técnicas de inteligencia artificial para la medición de la usabilidad

Resultados para la pregunta 2 "¿En qué dominios de aplicación web se reporta el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad?"

A continuación, la tabla 4 presenta los resultados para la siguiente pregunta de investigación:

Dominio de aplicación web	Número de artículos encontrados por dominio de aplicación web	Artículos
Comercio Electrónico	*4*	*(Liu et al., 2010), (Masudin & Saputro, 2016), (Singh et al., 2017), (Wahyuningrum et al., 2019)*
Servicios de Biblioteca	*3*	*(Harshan et al., 2018), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019)*
Servicios Educativos	*2*	*(Chaudhary & Sangwan, 2015), (Nagpal et al., 2016)*
Portales Web en general	*2*	*(Hub & Zatloukal, 2009), (Lemos & Nunes, 2018)*
Servicios de Gobierno Electrónico	*2*	*(Hub & Zatloukal, 2010), (Lestari et al., 2017)*
Sistema de Administración de Cuidados de la Salud	*1*	*(Alharbe, 2020)*

Dominio de aplicación web	Número de artículos encontrados por dominio de aplicación web	Artículos
Servicios de Entretenimiento	*1*	*(Chaudhary & Sangwan, 2015)*
Servicios de venta de automóviles	*1*	*(Chaudhary & Sangwan, 2015)*
Fuentes de Información	*1*	*(Chaudhary & Sangwan, 2015)*
Portales Institucionales	*1*	*(Kumar et al., 2020)*

Tabla 4 – Artículos que reportan el uso de lógica difusa para la medición de usabilidad en un dominio de aplicación web

Resultados para la pregunta 3 "¿Cuáles son los atributos más empleados en estudios de evaluación de usabilidad utilizando lógica difusa?"

En la tabla 5, se presentan los resultados identificados para esta tercera pregunta de investigación:

Nombre del atributo	Número de artículos que reportan el uso de este atributo	Artículos
Eficiencia	*12*	*(Alharbe, 2020), (Chaudhary & Sangwan, 2015), (Harshan et al., 2018), (Hub & Zatloukal, 2010), (Kumar et al., 2020), (Lemos & Nunes, 2018), (Lestari et al., 2017), (Liu et al., 2010), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019), (Sicilia & García, 2003), (Singh et al., 2017)*
Satisfacción	*11*	*(Alharbe, 2019), (Chaudhary & Sangwan, 2015), (Harshan et al., 2018), (Hub & Zatloukal, 2010), (Kumar et al., 2020), (Lemos & Nunes, 2018), (Lestari et al., 2017), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019), (Sicilia & García, 2003), (Singh et al., 2017)*
Facilidad de navegación	*7*	*(Chaudhary & Sangwan, 2015), (Harshan et al., 2018), (Hub & Zatloukal, 2009), (Masudin & Saputro, 2016), (Nagpal et al., 2016), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019)*
Accesibilidad	*6*	*(Harshan et al., 2018), (Hub & Zatloukal, 2009), (Kumar et al., 2020), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019), (Wahyuningrum et al., 2019)*
Efectividad	*6*	*(Alharbe, 2019), (Chaudhary & Sangwan, 2015), (Kumar et al., 2020), (Lemos & Nunes, 2018), (Lestari et al., 2017), (Liu et al., 2010)*
Capacidad de aprendizaje	*5*	*(Harshan et al., 2018), (Hub & Zatloukal, 2010), (Ramanayaka et al., 2019), (Ramanayaka et al., 2019), (Sicilia & García, 2003)*
Velocidad de carga	*4*	*(Hub & Zatloukal, 2009), (Masudin & Saputro, 2016), (Singh et al., 2017), (Wahyuningrum et al., 2019)*

Tabla 5 – Artículos que reportan el empleo de atributos de usabilidad para su medición utilizando lógica difusa

Resultados para la pregunta 4 "¿De qué manera se han utilizado sistemas o modelos basados en lógica difusa para medir aplicaciones web de gobierno electrónico?"

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos que permiten responder la pregunta de investigación en la tabla 6:

Método empleado	**País**	**Características del modelo**	**Artículos**
Fuzzy Tsukamoto	*República Checa*	• *Utiliza 3 métodos distintos para la desfuzzificación (Center of Gravity, Height Method y Weighted center of area)* • *Emplea cuestionarios para realizar la medición de usabilidad inicial* • *Caso de estudio: Portales Web de Administración Pública* • *Verifica los resultados obtenidos utilizando el cuestionario SUS.*	*(Hub & Zatloukal, 2010)*
Fuzzy Tsukamoto	*Indonesia*	• *Utiliza Center Average Defuzzier para la defuzzificación.* • *Verifica los resultados obtenidos comparándolos con el juicio de expertos*	*(Lestari et al., 2017)*

Tabla 6 – Artículos que describen el uso de sistemas o modelos que ejecutan la medición de la usabilidad empleando lógica difusa en aplicaciones web de gobierno electrónico

4. Revisión sistemática del estado del arte

La revisión sistemática realizada evidencia que, si bien se han encontrado estudios que empleen técnicas de inteligencia artificial como métodos para cuantificar la usabilidad en el dominio web, esta aún no se aplica en gran medida.

Por otro lado, se pueden mencionar algunos de los beneficios que nos brinda el uso de técnicas de la inteligencia artificial en esta área de investigación como son el tratamiento de la ambigüedad en los atributos de la usabilidad y la posibilidad de obtener resultados más certeros, lo cual deriva en procesos de mejora continua para la usabilidad del software.

De igual manera, los sistemas de medición de usabilidad que emplean técnicas de inteligencia artificial en el dominio web están siendo utilizados, en su mayoría, para cuantificar la usabilidad de aplicaciones web de comercio electrónico y servicios de biblioteca, en los cuales es fundamental proveer el mejor servicio posible desde una perspectiva del diseño y facilidad de uso de la aplicación.

Asimismo, se identificaron cuáles son los atributos más utilizados en la medición de la usabilidad siendo los principales la eficiencia, la satisfacción y la facilidad de navegación. Estos factores son determinantes para una adecuada y correcta cuantificación de la usabilidad en el dominio web, y representan la base de contenido de los cuestionarios aplicados durante las evaluaciones iniciales.

Es necesario resaltar el hecho de que se hayan realizado muy pocas evaluaciones de usabilidad en el ámbito del gobierno electrónico utilizando aplicaciones de la inteligencia artificial, como la lógica difusa. De igual forma, es pertinente destacar la importancia de asegurar que los sistemas web de gobierno electrónico posean una usabilidad idónea para poder así, cumplir con su función de ser el nexo digital entre el Estado y el pueblo.

Finalmente, la revisión sistemática realizada podrá servir como base para la implementación de un sistema de información que permita obtener la medición de la usabilidad de sitios web que brindan servicios de gobierno electrónico, empleando lógica difusa como método de cuantificación y un cuestionario de usabilidad que considere todos los aspectos que son relevantes en este dominio de aplicación.

Referencias

Alfimtsev, A. N., & Sakulin, S. A. (2017). Data fusion based on the fuzzy integral: Model, methods and applications. In *Data Fusion: Methods, Applications and Research*. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85034744424&partnerID=40&md5=7f63032bc3db4d20cd879db099d298bf

Alfimtsev, A., Sakulin, S., & Levanov, A. (2016). Formalization of Expert Knowledge About the Usability of Web Pages Based on User Criteria Aggregation. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SOFTWARE INNOVATION*, *4*(3), 38–50. https://doi.org/10.4018/IJSI.2016070103

Alharbe, N. (2020). A fuzzy-delphi based decision-making process for measuring usable-security of web based smart hospital management system. *ICIC Express Letters*, *14*(1), 15–21. https://doi.org/10.24507/icicel.14.01.15

Alharbe, N. R. (2019). Improving usable-security of web based healthcare management system through Fuzzy AHP. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *10*(8), 68–71. https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100810

Aviz, I. L., Souza, K. E., Ribeiro, E., De Mello, H., & Seruffo, M. C. da R. (2019). Comparative study of user experience evaluation techniques based on mouse and gaze tracking. *Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia 2019*, 53–56. https://doi.org/10.1145/3323503.3360623

Bakaev, M., Gaedke, M., Khvorostov, V., & Heil, S. (2016). Extending Kansei Engineering for requirements consideration in web interaction design. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *9671*, 513–518. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38791-8_39

Bakaev, M., Khvorostov, V., Heil, S., & Gaedke, M. (2017). Evaluation of user-subjective web interface similarity with Kansei engineering-based ANN. *Proceedings - 2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops, REW 2017*, 125–131. https://doi.org/10.1109/REW.2017.13

Bakaev, M., Khvorostov, V., & Laricheva, T. (2017). Assessing Subjective Quality of Web Interaction with Neural Network as Context of Use Model. *Communications in Computer and Information Science*, *745*, 185–195. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69784-0_16

Bedi, P., & Banati, H. (2005). Prioritizing web usability attributes using Intuitionistic fuzzy sets. *Proceedings of the 2005 International Conference on Software Engineering Research and Practice, SERP'05*, *2*, 570–576. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-60749090289&partnerID=40&md5=736774dfe91201182f3495706f6114b8

Charonyktakis, P., Plakia, M., Tsamardinos, I., & Papadopouli, M. (2016). On user-centric modular QoE prediction for voip based on machine-learning algorithms. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, *15*(6), 1443–1456. https://doi.org/10.1109/TMC.2015.2461216

Chaudhary, N., & Sangwan, O. P. (2015). Multi criteria based fuzzy model for website evaluation. *2015 International Conference on Computing for Sustainable Global Development, INDIACom 2015*, 1798–1802. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960935303&partnerID=40&md5=d18c20e9b0f3643e2357031cdbb6c05c

Chen, D. (2018). *Application of artificial intelligence technology in the visual communication design of shopping platform*. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028435846&doi=10.1007%2F978-3-319-60744-3_13&partnerID=40&md5=c1f52e7568a322f5c52c7aba594e1c06

Chen, Du, Gao, M., Liu, A., Chen, M., Zhang, Z., & Feng, Y. (2019). A Recurrent Neural Network Based Approach for Web Service QoS Prediction. *2019 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Big Data, ICAIBD 2019*, 350–357. https://doi.org/10.1109/ICAIBD.2019.8837006

Chynał, P., Sobecki, J., & Szymański, J. M. (2013). Remote usability evaluation using eye tracking enhanced with intelligent data analysis. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *8012 LNCS*(PART 1), 212–221. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39229-0_24

Gill, K. (2012). Chapter 2 - Usability of Public Web Sites. In E. Buie & D. Murray (Eds.), *Usability in Government Systems* (pp. 21–40). Morgan Kaufmann. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391063-9.00034-1

Granollers, T. (2016). Validación experimental de un conjunto heurístico para evaluaciones de UX de sitios web de comercio-e. 2016 *Proccedings IEEE 11th Colombian Computing Conference (CCC),* 1-8, htpps://doi.org/10.1109/ColumbianCC.2016.7750783

Guo, F., Liu, W. L., Cao, Y., Liu, F. T., & Li, M. L. (2016). Optimization Design of a Webpage Based on Kansei Engineering. *HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS IN MANUFACTURING & SERVICE INDUSTRIES*, *26*(1), 110–126. https://doi.org/10.1002/hfm.20617

Harshan, R. K., Chen, X., & Shi, B. (2018). UNSCALE: Multi-criteria Usability Evaluation Framework for Library Websites in a Fuzzy Environment. *Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD 2018*, 859–863. https://doi.org/10.1109/CSCWD.2018.8465383

Hartson, R., & Pyla, P. (2019). Chapter 1 - What Are UX and UX Design? *In R. Hartson & P. Pyla (Eds.), The UX Book (Second Edition) (Second Edition, pp. 3–25). Morgan Kaufmann*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805342-3.00001-1

Hub, M., & Zatloukal, M. (2010). Model of usability evaluation of web portals based on the fuzzy logic. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, *7*(4), 522–531. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77950927322&partnerID=40&md5=a9323f3515d4dea9d411d82f4d3156ce

Hub, M., & Zatloukal, M. (2009). Towards establishing a score of usability evaluation. *E a M: Ekonomie a Management*, *12*(2), 156–169. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-67949122068&partnerID=40&md5=3dc8516333b190ab20bbe27deb404132

ISO 9241-210 (2010): Ergonomics of Human-System Interactions - Part 210: Human-centred Design for Interactive Systems. *International Organization for Standardization*. Retrieved from https://www.iso.org/standard/52075.html

Jankowski, J., Kazienko, P., Wątróbski, J., Lewandowska, A., Ziemba, P., & Zioło, M. (2016). Fuzzy multi-objective modeling of effectiveness and user experience in online advertising. *Expert Systems with Applications*, *65*, 315–331. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.08.049

Jankowski, J., Sałabun, W., & Wątrobski, J. (2017). Identification of a multi-criteria assessment model of relation between editorial and commercial content in web systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *506*, 295–305. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43982-2_26

Khan, K., & Sahai, A. (2011). A levy-flight neuro-biosonar algorithm for improving the design of eCommerce systems. *Journal of Artificial Intelligence*, *4*(4), 220–232. https://doi.org/10.3923/jai.2011.220.232

Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, *55*(12), 2049–2075. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010

Kumar, R., Irshad Khan, A., Abushark, Y. B., Alam, M. M., Agrawal, A., & Khan, R. A. (2020). An Integrated Approach of Fuzzy Logic, AHP and TOPSIS for Estimating Usable-Security of Web Applications. *IEEE Access*, *8*, 50944–50957. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970245

Lemos, B., & Nunes, I. L. (2018). A Fuzzy Usability Assessment Methodology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *592*, 409–418. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60366-7_38

Lestari, V. A., Aknuranda, I., & Ramdani, F. (2017). Usability evaluation of e-government using iso 9241 and fuzzy tsukamoto approach. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, *9*(2–8), 153–157. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032798956&partnerID=40&md5=2bc1d97a7bdfac55225d87912c6e20a4

Lindgren, I., Madsen, C. Ø., Hofmann, S., & Melin, U. (2019). Close encounters of the digital kind: A research agenda for the digitalization of public services. *Government Information Quarterly*, *36*(3), 427–436. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.03.002

Liu, J., Cui, M., & Jia, L. (2018). Evaluation of user experience based 3D websites using gray correlation analysis and AHP. *ICNC-FSKD 2018 - 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 1306–1309. https://doi.org/10.1109/FSKD.2018.8687167

Liu, W., Huang, D., & Zhang, Y. (2010). *Research on fuzzy comprehensive evaluation of user experience*. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952745260&doi=10.1109%2FYCICT.2010.5713060&partnerID=40&md5=4c0f4da2341d8c04a9940c93e9d46403

Luo, X., Liu, J., Zhang, D., & Chang, X. (2016). A large-scale web QoS prediction scheme for the Industrial Internet of Things based on a kernel machine learning algorithm. *Computer Networks*, *101*, 81–89. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2016.01.004

Masudin, I., & Saputro, T. E. (2016). Evaluation of B2C website based on the usability factors by using fuzzy AHP & hierarchical fuzzy TOPSIS. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *114*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/114/1/012091

McGlinn, K., Yuce, B., Wicaksono, H., Howell, S., & Rezgui, Y. (2017). Usability evaluation of a web-based tool for supporting holistic building energy management. *Automation in Construction*, *84*, 154–165. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.033

Meyer, A. N. D., Giardina, T. D., Spitzmueller, C., Shahid, U., Scott, T. M. T., & Singh, H. (2020). Patient Perspectives on the Usefulness of an Artificial Intelligence-Assisted Symptom Checker: Cross-Sectional Survey Study. *Journal of Medical Internet Research*, *22*(1), e14679. https://doi.org/10.2196/14679

Nagpal, R., Mehrotra, D., & Bhatia, P. K. (2016). Usability evaluation of website using combined weighted method: fuzzy AHP and entropy approach. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, *7*(4), 408–417. https://doi.org/10.1007/s13198-016-0462-y

Nielsen, J. (1994). Heuristic Evaluation. In *Usability Inspection Methods* (pp. 25–62). John Wiley & Sons, Inc. https://dl.acm.org/doi/10.5555/189200.189209

Oztekin, A. (2011). A decision support system for usability evaluation of web-based information systems. *Expert Systems with Applications*, *38*(3), 2110–2118. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.151

Oztekin, A., Delen, D., Turkyilmaz, A., & Zaim, S. (2013). A machine learning-based usability evaluation method for eLearning systems. *Decision Support Systems*, *56*(1), 63–73. https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.05.003

Pandey, S., & Daniel, A. K. (2016). Fuzzy logic based cloud service trustworthiness model. *Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Engineering and Technology, ICETECH 2016*, 73–78. https://doi.org/10.1109/ICETECH.2016.7569215

Papatheocharous, E., Belk, M., Germanakos, P., & Samaras, G. (2014). Towards implicit user modeling based on artificial intelligence, cognitive styles and web interaction data. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, *23*(2). https://doi.org/10.1142/S0218213014400090

Papatheocharous, E., Belk, M., Germanakos, P., & Samaras, G. (2013). Embracing cognitive factors and Fuzzy Logic in adaptive interactive systems. *Engineering Intelligent Systems*, *21*(2–3), 161–178. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890512699&partnerID=40&md5=0afaba68832a0550fbb17fd421a9336e

Petroni, B. C. A. (2007). The use of intelligent agents to improve a web interface interaction and its usability. *Proceedings of the 2007 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, CSCWD*, 372–376. https://doi.org/10.1109/CSCWD.2007.4281464

Ramanayaka, K. H., Chen, X., & Shi, B. (2019). UNSCALE: A Fuzzy-based Multi-criteria Usability Evaluation Framework for Measuring and Evaluating Library Websites. *IETE Technical Review (Institution of Electronics and Telecommunication Engineers, India)*, *36*(4), 412–431. https://doi.org/10.1080/02564602.2018.1498032

Ramanayaka, K. H., Chen, X., & Shi, B. (2019a). Application of extent analysis FAHP to determine the relative weights of evaluation indices for library website usability acceptance model. *IET Software*, *13*(1), 86–95. https://doi.org/10.1049/iet-sen.2018.5185

Rim, R., Amin, M. M., Adel, M., & Mohamed, A. (2017). Evaluation method for an adaptive web interface: GOMS model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *557*, 116–124. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53480-0_12

Sahi, G. (2018). Performance Evaluation of Artificial Neural Network for Usability Assessment of E-Commerce Websites. *2018 3rd International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2018*. https://doi.org/10.1109/I2CT.2018.8529613

Serdar Biçer, M., & Diri, B. (2016). Defect prediction for Cascading Style Sheets. *Applied Soft Computing Journal*, *49*, 1078–1084. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.05.038

Sicilia, M. A., & García, E. (2003). Modelling interacting web usability criteria through fuzzy measures. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *2722*, 182–185. https://doi.org/10.1007/3-540-45068-8_32

Singh, T., Malik, S., & Sarkar, D. (2017). E-commerce website quality assessment based on usability. *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2016*, 101–105. https://doi.org/10.1109/CCAA.2016.7813698

Soh, H., Sanner, S., White, M., & Jamieson, G. (2017). Deep sequential recommendation for personalized adaptive user interfaces. *International Conference on Intelligent User Interfaces, Proceedings IUI*, 589–593. https://doi.org/10.1145/3025171.3025207

Unión Internacional de la Telecomunicación (2009). *E-government implementation toolkit. Ginebra: ITU*. Versión digital, recuperada el 12 de mayo de 2020 de: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GOV.E_GOV-11-2010-PDF-E.pdf

Wahyuningrum, T., Azhari, & Suprapto. (2019). A comparison of extent analysis and fuzzy preference programming for evaluating B2C website usability. *Proceedings - 8th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, ICCSCE 2018*, 150–155. https://doi.org/10.1109/ICCSCE.2018.8684999

Zheng, H., Feng, Y., & Tan, J. (2016). A fuzzy QoS-aware resource service selection considering design preference in cloud manufacturing system. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, *84*(1–4), 371–379. https://doi.org/10.1007/s00170-016-8417-7

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/09/2020
Aceitação/Acceptance: 26/11/2020

Técnicas de predicción en el consumo de tabaco por adolescentes

Marcelo Nuñez[1], Magaly Margarita Narváez -Ríos[2],
Pablo Alejandro Quezada-Sarmiento[3], Lizbeth Ximena Suárez-Morales[4]

marcelownuneze@uta.edu.ec; mmnarvaez5@espe.edu.ec; pablo.quezada@tecazuay.edu.ec; lizbeth.suarez@istvidanueva.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador

[2] Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE- Departamento de Seguridad y Defensa, 171103, Quito, Ecuador

[3] Instituto Superior Tecnológico del Azuay, Tecnología Superior de Desarrollo de Software, Octavio Chacón Moscoso 1-98 y Primera Transversal (Parque industrial), Cuenca, Ecuador

[4] Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva, Av. Pedro Vicente Maldonado s/n y Cuarta transversal Quito- Ecuador

Pages: 155-163

Resumen: El presente estudio se lo realizó con el objetivo de conocer y a la vez establecer los factores que intervienen en el consumo de tabaco en los adolescentes, utilizando un dataset de Center for disease Control and Prevention https://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/surveys/nyts/#nyts-historical mismo que se encuentran disponibles para el uso público y pueden ser explorados por investigadores o administradores de la salud como punto de referencia para comparar sus estimaciones de prevalencia del consumo de tabaco, cabe mencionar que los adolescentes es el grupo poblacional más propenso a experimentar una serie de cambios, tanto psicológicos, físicos y hormonales; el consumo de productos derivados del tabaco son los de más fácil acceso para su consumo. Para llevar este estudio a cabo se utilizaron técnicas de minería de datos como CTC, los cuales mediante algoritmos y técnicas de clasificación llegan a la conclusión de los factores que intervienen directamente para el consumo de este producto, dichos factores permiten acercarnos a los temas de selección e influencia del ambiente social, la muestra extraída es de 22000 estudiantes entre 14 y 19 años de edad, confirmando los factores que intervienen en la formación de patrones del consumo del tabaco en los adolescentes.

Palabras-clave: Tabaco, minería de datos, adolescentes, patrones, factores de riesgo, técnicas de predicción.

Prediction techniques in tobacco consumption by adolescents

Abstract: This article has showed a study was carried out with the objective of knowing and at the same time establishing the factors that intervene in the consumption of tobacco in adolescents, using a dataset from the Center for Disease

Control and Prevention https://www.cdc.gov/tobacco/ data statistics / surveys / nyts / # nyts-historical same that are available for public use and can be explored by researchers or health administrators as a reference point to compare their estimates of prevalence of tobacco use, it is worth mentioning that adolescents it is the population group most prone to undergo a series of changes, both psychological, physical and hormonal; the consumption of tobacco products are the most easily accessible for consumption. To carry out this study, data mining techniques such as CTC were used, which through algorithms and classification techniques conclude the factors that directly intervene for the consumption of this product, these factors allow us to approach the selection issues. and influence of the social environment, the sample drawn is 22,000 students between 14 and 19 years of age, confirming the factors that intervene in the formation of patterns of tobacco use in adolescents.

Keywords: Tobacco; data mining; adolescents; patterns; risk factors; prediction techniques.

1. Introducción

El consumo de tabaco en varios de los países en desarrollo ha llegado a convertirse en un problema de salud pública (OMS, 2013) iniciando en edades adolescentes en donde más los estudiantes experimentan varios cambios, situaciones que culminan en una adicción en etapas futuras de su vida (Tarrazo, et al., 2017).

El tabaco es un producto adictivo, así como las drogas, puesto que el mismo es considerado un producto psicoactivo que va perturbando los procesos químicos del cerebro y por consiguiente del sistema nervioso vida (Calleja, 2016).

El tabaco es comercializado en varias presentaciones, tales como puro, tabaco de masticar, pipa de agua, entre otros; pero el más comercializado en la sociedad es el cigarro, mismo que contiene alrededor de cuatro mil sustancias químicas, en su mayoría nocivas para el organismo del ser humano; entre los componentes más potenciales en el cigarro se encuentra la nicotina, alquitrán y el monóxido de (Kaplann, Sallis, & Patterson, 1993) los efectos nocivos dentro del sistema respiratorio llegando a producir enfermedades crónicas como bronquitis crónicas y cáncer pulmonar (Isach, Vidal, & Zapata, 2015), (Chatkin, et al., 2017), la población, en este caso los adolescentes quienes consumen tabaco en cantidades considerables, tienden a adquirir cáncer de pulmón entre el 90- 95%; bronquitis crónica del 80-85% y enfisema pulmonar de 20-25 (Gutierrez, et al., 2015).

En la adolescencia tanto hombres como mujeres representan un porcentaje demasiado considerable en el consumo diario del tabaco, aumentando este porcentaje a los fumadores en la edad universitaria (Martínez, et al., 2016).

En (Gonzálvez, Espada, & Orgilés, 2015) existen varios factores que se consideran importantes dentro de este estudio, así como las principales razones por las cuales los adolescentes fuman ya sea por rebeldía, curiosidad, insatisfacción del ambiente que los rodea o influencia de la familia (Novoa, Barreto, & Silva, 2012) además existe un porcentaje de adolescentes no consumidores a quienes no les gusta este producto porque es nocivo para su salud, o no toman en consideración la opinión de los demás al no consumir tabaco.

Es imprescindible que los profesionales tanto de la salud como comunidad educativa busquen estrategias que promuevan de manera efectiva disminuir el consumo de tabaco en los adolescentes para que en el futuro tengan una mejor calidad de (Novoa, Barreto, & Silva, 2012), (Córdova, Moreno, Zugazagoitia, Lopez, & Sánchez, 2015), ajenos a enfermedades crónicas y en especial fuera del consumo de tabaco.

Considerandos los antecedentes previstos, el objetivo de este artículo es analizar los factores que influyen directamente en los adolescentes como determinante fundamental en la demanda juvenil de tabaco, no siempre es factible observar el comportamiento humano, o a la vez no existen datos suficientes o disponibles para este estudio (Vázquez, et al., 2013), comprende que para el desarrollo correcto del análisis en el consumo de tabaco en los adolescentes es sumamente importante conocer la relación que tienen con sus familiares, amigos y compañeros de aula así como el consumo de tabaco en cada uno de los entornos que los rodea.

El consumo en exceso del tabaco trae perjudiciales efectos sobre la salud principalmente cuando su uso se lo hace a tempranas edades, así como su limitación a una vida prolongada, la mayoría de los efectos que causa el tabaco van apareciendo 30 a 40 años luego de iniciar su consumo (Molero, Pérez, Gázquez, & A., 2017) en las mujeres su efecto principal está en su salud reproductiva, incrementando su morbilidad y mortalidad debido a cardiopatía isquémica, accidentes cerebrovasculares directamente relacionadas con el tabaquismo.

El estudio (Cios & Moore, 2002), es cualitativo con un referencial metodológico de Data Mining (DM) o minería de datos permitiendo clasificar los datos obtenidos, considerando que esta metodología es la que analiza conjuntos de datos observacionales y a su vez encontrar relaciones insospechadas resumiendo los datos de nuevas maneras que permiten ser comprensibles y útiles, dando como resultado la extracción de información proporcionada a diversas disciplinas o campos del

Se pretende acercar a los usuarios en general en el área de las adicciones o consumos excesivos de tabaco, alcohol y drogas una visión integral sobre el uso de esta metodología en cada uno de los casos prácticos como en la relación que directamente tiene el consumo del tabaco con el entorno social, psicológico, emocional y familiar que tienen los adolescentes (Gervilla, et al., 2009) conclusiones sobre el tema, sino contribuir aportando conocimiento metodológico sobre el uso de determinadas técnicas de minería de datos y ejemplificar su uso con la intención de comprar los resultados obtenidos.

En conclusión, se analizó los factores de correspondencia relacionales y diferenciadores de técnicas de minería de datos, así como; reglas de asociación, Native Bayas, redes neuronales artificiales y los árboles de decisión adolescentes (Mirarchi, et al., 2016).

2. Metodologia

La muestra inicial, es de un total compuesto de 22000 estudiantes, se extrajo mediante muestreo aleatorio, de la muestra son varones y mujeres entre 14 y 19 años. Para los fines de este estudio, de la muestra inicial se seleccionaron en función de las personas que, si fuman dando un total de 976 estudiantes, 476 no consumen tabaco, 500 son consumidores de tabaco mientras que el resto de los estudiantes no fueron considerados

puesto que las variables que daban respuestas no fueron contestadas. Con el fin de ser capaz de analizar la capacidad predictiva de las técnicas de minería de datos, esta muestra se dividió en tres conjuntos de datos.

2.1. Instrumento Utilizado

Se utilizó un dataset de Center for disease Control and Prevention disponible en (https://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/surveys/nyts/) donde realizaron una encuesta nacional de tabaquismo en jóvenes, dando como resultado un conjunto de datos que se encuentran disponibles para el uso público y pueden ser explorados por investigadores y médicos, al analizar los datos que los jóvenes respondieron anónimamente al cuestionario que habla sobre la frecuencia de uso de diferentes tipos de tabaco, si el consumo de tabaco lo realizan entre el grupo de amigos con facilidad en fiestas, o fines de semana, el estilo de vida con los padres y variables personales como él (sexo y edad).

En cuanto al estilo de vida de los padres, los adolescentes respondieron a un cuestionario con 15 preguntas que solicitaban información sobre los patrones de educación del padre y la madre, con respuestas separadas para cada padre. Tuvieron que evaluar si sus padres hacían una serie de comportamientos “Siempre”, “A veces” o “Nunca”.

Además, se solicitó a los adolescentes que indicaran cuántos de sus amigos (“todos”, “la mayoría”, “la mitad”, “pocos” o “ninguno”) son fumadores. También recogen información sobre la facilidad de comprar el tabaco (sí / no de respuesta), la frecuencia con la que el adolescente sale los días de semana y los fines de semana (número de días) y el consumo de alcohol (sí / no respuesta).

El conjunto de aspectos tomados en cuenta para la clasificación de los dos grupos de sujetos (fumadores/no fumadores) incluye un total de 43 variables (https://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/surveys/nyts/data/index.html).

Mientras tanto, la variable respuesta fue el uso de tabaco en el momento en que los adolescentes respondieron al cuestionario y la respuesta a la pregunta sobre el consumo del tabaco fue: “Nunca he fumado un cigarrillo, ni una o dos veces” “1 o más pitadas, pero nunca una caja de cigarrillos”, “He intentado un par de veces”, “ocasionalmente”, “los fines de semana” “En días laborables” y “diariamente”.

Un adolescente fue considerado un no consumidor si alguna de las dos primeras opciones había sido marcada, mientras que un adolescente era considerado un consumidor si alguna de las cinco últimas opciones había sido marcada.

3. Resultados

Usando la herramienta Weka 3.6.0, a través de su funcionalidad Knowledge Flow, se ha construido el modelo con los algoritmos a analizar, esta herramienta permite visualización del esquema, conexión del conjunto de datos entre cada uno de los elementos agregando diferentes tipos de clasificadores datos.

Utilizando los algoritmos NB, CTC, y PART, creando conexiones de entrenamiento y evaluación para ser visualizadas por medio de enlaces los resultados de los datos (Fig.1).

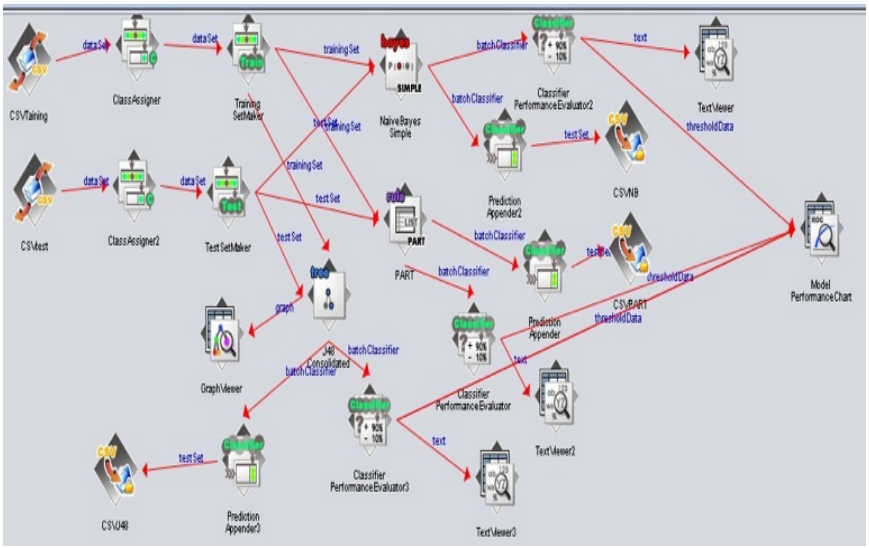


Figura 1 – Conexiones de Entrenamiento

La Tabla 1 muestra el rendimiento de los algoritmos seleccionados en la prueba. Proporciona la sensibilidad y especificidad, en la sensibilidad es el porcentaje de los estudiantes fumadores correctamente clasificados por el modelo, especificidad en cambio el porcentaje de estudiantes correctamente clasificados como no fumadores por el modelo y el total de correctamente clasificados de porcentaje.

Model	Sensitivity	Specificity	% Correct
Naive Bayes	0,902	0,908	90,16%
Consolidated Tree Construction	0,975	0,976	97,54%
Part	0,557	0,766	55,73%

Tabla 1 – Resultados de los Modelos Analizados en el conjunto de pruebas.

En las tablas 2 -3-4 se detalla la concurrencia de los modelos analizados.

Detailed Accurancy By Class									
	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0.965	0.161	0.855	0.965	0.907	0.810	0.950	0.924	Fumador
	0.839	0.035	0.960	0.839	0.896	0.810	0.960	0.961	No-fumador
Weighted Avg.	0.902	0.097	0.908	0.902	0.901	0.810	0.955	0.943	

Tabla 2 – Naive de Bayes

Detailed Accurancy By Class									
	TP Rate	**FP Rate**	**Precision**	**Recall**	**F-Measure**	**MCC**	**ROC Area**	**PRC Area**	**Class**
	1.000	0.878	0.528	1.000	0.691	0.254	0.986	0.989	Fumador
	0.122	0.000	1.000	0.122	0.217	0.254	0.986	0.974	No-fumador
Weighted Avg.	0.557	0.435	0.766	0.557	0.452	0.254	0.986	0.982	

Tabla 3 – Part

En términos de la diferencia en cuanto a sensibilidad y especificidad los resultados obtenidos en este estudio dependen de los datos específicos con los que se trabajaron por lo que sería posible obtener distintos resultados en sensibilidad y especificidad si queremos aplicar estas técnicas a otro grupo de variables o datos (Quezada, Elorriaga, Arruarte, & Washizaki,2020).

La mitad de los sujetos eran fumadores y mitad no fumadores y los resultados obtenidos están sesgados en favor de cualquier grupo. La curva ROC permite obtener los mejores clasificadores en base a los resultados de sensibilidad obtenidos (VP y FP). Para observar en detalle el funcionamiento de una curva ROC en este trabajo se describe el procedimiento de obtención de la curva ROC.

Los resultados que se obtiene son VP si la persona ha sido detectada como fumadora, mientras que, si la persona no fumadora fue detectada como fumadora, se conoce como FP. Un verdadero negativo (VN) es cuando la persona no es fumadora y la reconoce correctamente, mientras que un falso negativo (FN) es cuando una persona es fumadora, pero es reconocida como no fumador.

En las definiciones para VP, FP, VN y FN el tratamiento del error es el punto fundamental en el tratamiento de los resultados de cualquier clasificador. Con estos valores es posible armar una tabla de contingencia en donde se puede observar fácilmente los errores obtenidos. Un ejemplo de tabla de contingencia para el dominio de este trabajo se muestra a continuación (Tabla 4):

Algoritmo	***VP***	***VN***	***FP***	***FN***
NB	*467*	*413*	*79*	*17*
CTC	*462*	*490*	*2*	*22*
PART	*484*	*60*	*432*	*0*

Tabla 4 – Contingencia

Como se mencionó anteriormente la ROC se dibuja mediante la obtención de las tasas de verdaderos positivos (TVP) y de falsos positivos (TFP) en un eje de coordenadas.

Los resultados de las tasas aplicadas a los valores de la tabla 5 son:

Algoritmo	*TVP*	*TFP*
NB	*0,96*	*0,16*
CTC	*0,95*	*0,004*
PART	**1*	**0,88*
**TVP = 484 / 484 = 1 y TFP = 432/492 = 0.88*		

Tabla 5 – TVP Y TFP

Si se grafican los valores de la tabla anterior, en un eje de coordenadas se observa el siguiente resultado, en una gráfica que se conoce con el nombre de espacio ROC (Fig.2):

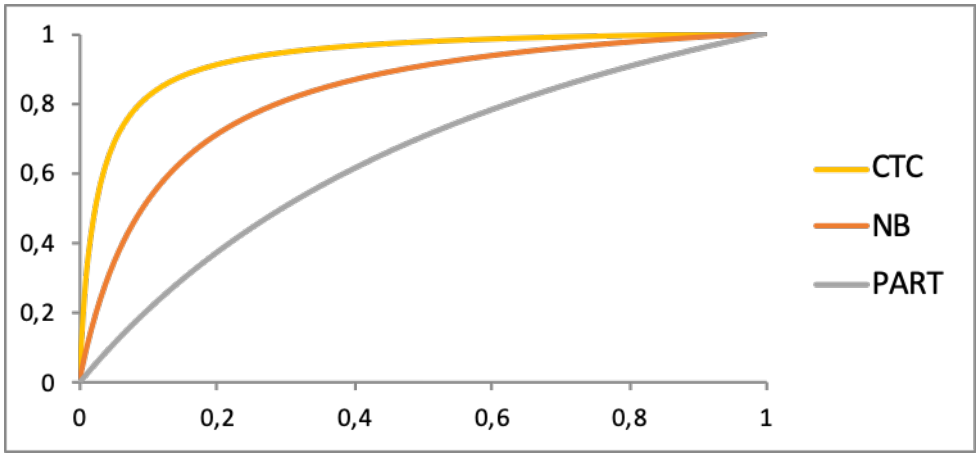


Figura – 2 Curva de ROC aplicada

4. Conclusiones

En este sentido, los modelos analizados fueron capaces de discriminar entre el consumo y no consumo de tabaco dentro de un intervalo de 97,54% y 90,16%, alcanzando 0,975 de sensibilidad y especificidad de 0,976 con el modelo de CTC dando estos resultados favorables. Sin embargo, en términos de la diferencia de sensibilidad y especificidad entre los modelos de minería de datos y clásicos, creemos que los resultados obtenidos en este estudio dependen de los datos específicos que estamos trabajando y no es un patrón diferencial de los modelos analizados. Por lo que sería posible obtener diferentes resultados en la sensibilidad y especificidad si aplicamos estas técnicas a otro grupo de variables o datos. Pero, dado que aproximadamente la mitad de los sujetos eran fumadores y mitad no fumadores, los resultados obtenidos, a priori, no son sesgados a favor de ningún grupo.

Dentro de contexto de las dependencias o adicciones, la minería de datos posee gran importancia, puesto que esta técnica permite que los estudios tengan una visión integradora dentro de la metodología, la misma que se entiende como el proceso de extracción de conocimiento y que focaliza su atención a varias fases permitiendo analizar técnicas para la extracción de conocimiento, manteniendo un equilibrio con la información que se presenta desde una metodología que aplica factores comunes y diferenciadores.

En este estudio, las técnicas de minería de datos utilizada permitieron diferenciar entre los consumidores adolescentes de tabaco y adolescentes no consumidores de tabaco en base a un conjunto de parámetros psicosociales y de personalidad. La minería de datos en el futuro sin duda contribuirá de forma eficaz a la predicción y prevención de conductas adictivas.

Referencias

Calleja, N. (2016). Bullying and Tobacco: Are They Associated? Acta de Investigación sicológica, 2350-2367.

Chatkin, J., Zabert, G., Zabert, I., G., C., Jiménez, C., Granda, J., . . . Gratziou, C. (2017). Lung Disease Associated with Marijuana Use. Archivos de Bronconeumología.

Cios, K., & Moore, G. (2002). Uniqueness of medical data mining. Artificial intelligence in medicine, 1-24.

Córdova, R., Moreno, C., Zugazagoitia, R., Lopez, F., & Sánchez, C. (2015). Theoretical-practical educative model: “smoking”. Educación Química, 127-133.

Gervilla, E., Jimenez, R., Montaño, J., Sesé, A., Cajal, B., & Palmer, A. (2009). The methodology of Data Mining.An application to alcohol consumption in teenagers. Adicciones, 65-68.

Gonzálvez, M., Espada, J., & Orgilés, M. (2015). Mood and smoking habits in Spanish adolescents. Revista Latinoamericana de Psicología, 86-92.

Gupta, S., Kumar, D., & Sharma, A. (2011). Data mining classification techniques applied for breast cancer diagnosisand prognosis. Indian Journal of Computer Science and Engineering, 188-195.

Gutierrez, E., Rejas, J., Criado, P., Campo, E., Breñas, M., & Martín, N. (2015). Smoking impact on mortality in Spain in 2012. Medicina Clínica, 520-525.

Han, J., & Kamber, M. (2006). Data Mining: Concepts and Techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Isach, J., Vidal, J., & Zapata, A. (2015). Drogas en adolescentes y jóvenes. ¿Qué ha cambiado? FMC - Formación Médica Continuada en Atención Primaria, 544-553.

Kaplann, R., Sallis, J., & Patterson, T. (1993). Health and Human Behavior. New York: McGraw-Hill.

Martínez, A., Marí-Klose, M., Juliá, A., Escapa, S., Marí-Klose, P., & DiGiacomo, S. (2016). Consumo diario de tabaco en la adolescencia, estados de ánimo negativos y rol de la comunicación familiar. Gaceta Sanitaria, 421-428.

Mirarchi, D., Petrolo, C., Canino, G., Vizza, P., Cuomo, S. C., & Veltri, P. (2016). Applying Mining Techniques to Analyze Vestibular Data. Procedia Computer Science, 467-472.

Molero, M., Pérez, M., Gázquez, J., & A., B. (2017). Analysis and Profiles of Drug Use in Adolescents: Perception of Family Support and Evaluation of Consequences. Atención Familiar, 56-61.

Novoa, M., Barreto, I., & Silva, L. (2012). Consumo de cigarrillo y prácticas culturales en contextos universitarios. Revista Latinoamericana de Psicologia, 97-110.

OMS, O. M. (2013). Informe OMS sobre la epidemia mundial de tabaquismo, 2013: Hacer cumplir las prohibiciones sobre publicidad, promoción y patrocinio del tabaco. Ginebra.

Quezada-Sarmiento, P. A., Elorriaga, J. A., Arruarte, A., & Washizaki, H. (2020). Open BOK on software engineering educational context: A systematic literature review. Sustainability (Switzerland), 12(17) doi:10.3390/SU12176858

Tarrazo, M., Pérez, M., Pérez, S., Malvar, A., Suanzes, J., & Hervada, X. (2017). Changes in tobacco consumption: boom of roll-your-own cigarettes and emergence of e-cigarettes. Gaceta Sanitaria, 204-209.

Vázquez, M., Muñoz, M., Fierro, A., alfaro, M., Rodríguez, L., & Bustamante, P. (2013). Estado de ánimo de los adolescentes y su relación con conductas de riesgo y otras variables. Revista Pediatría de Atención Primaria, 219.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/10/2020
Aceitação/Acceptance: 28/12/2020

Em busca de um Software de Apoio a Pesquisas Qualitativas: o caso de uma unidade de ensino e pesquisa de uma universidade pública brasileira

Saulo Barbara de Oliveira[1], Rosa Amelita Sá Menezes da Motta[2],Stella Regina Reis da Costa[3], Marcello Vinicius Doria Calvosa[4], Altemar Sales de Oliveira[5], Daniel Romanini Garcia[6]

saulobarbara@gmail.com; rasmmel@gmail.com; stellare@ig.com.br; mcalvosa@gmail.com; altemarsales@gmail.com; romanini_2010@hotmail.com

[1,2,,6] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465, 23897-000, Seropédica, Brasil.

[3] Universidade Federal Fluminense / LATEC, Rua Passo da Pátria, 156, Bl E, 24210-240, Niterói, Brasil.

[4] Grupo de Pesquisas GeCaPEP – Gestão e Carreiras e Planejamento Estratégico Pessoal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465, 23897-000, Seropédica, Brasil.

[5] Faculdade de Educ. Tecnológica do Est. do Rio de Janeiro, Polo Cederj, 26600-000, Paracambi, Brasil.

Pages: 164-177

Resumo: Neste artigo é apresentada a avaliação de 10 "Softwares de Análise de Dados Qualitativos (SADQ)" aplicáveis a pesquisas cientificas e disponíveis no mercado. Seu objetivo foi selecionar um, dentre os softwares pesquisados, para indicação e uso pelos pesquisadores de uma das unidades ensino e pesquisa de uma universidade pública federal brasileira. Trata-se de uma pesquisa de campo aplicada, qualitativa e exploratória, que contou, inicialmente, com a pesquisa na literatura para a definição dos requisitos do software a ser escolhido e indicado aos potenciais usuários. Para isto, foi constituída uma equipe de trabalho nos moldes de um grupo focal, com o fim de discutir, identificar e definir as características e os requisitos do software a ser escolhido. Como resultado é destacado o processo de seleção, a escolha de três softwares livres e a indicação de um deles para os potenciais usuários.

Palavras-chave: Análise de Dados Qualitativos; Avaliação de Software**;** Software Livre; Código Aberto.

In search of Qualitative Research Support Software: the case of a teaching and research unit at a Brazilian public university

Abstract: This article presents the evaluation of 10 "Qualitative Data Analysis Software (SADQ)" applicable to scientific research and available on the market. Its objective was to select one, among the researched softwares, for indication and use by researchers from one of the teaching and research units of a Brazilian federal public university. It is an applied, qualitative and exploratory field research, which initially relied on research in the literature to define the requirements of the

software to be chosen and indicated to potential users. For this, a work team was formed along the lines of a focus group, in order to discuss, identify and define the characteristics and requirements of the software to be chosen. As a result, the selection process, the choice of three free software and the indication of one of them to potential users is highlighted.

Keywords: Qualitative Data Analysis; Software Evaluation; Freeware; Open Source.

1. Introdução

Pesquisas qualitativas costumam ter restrição quanto à quantidade de sujeitos a serem investigados e parecem, em um olhar reducionista, "estar em descrédito quando comparada à pesquisa quantitativa" (Patias & Hohendorff, 2019, p2). Quando esta quantidade é grande, o tratamento e a análise dos dados são trabalhosos e demorados. Ao contrário do que acontece com as pesquisas quantitativas que contam, há bastante tempo, com ferramentas tecnológicas robustas, apenas recentemente começaram a surgir ferramentas mais eficazes para análise qualitativa. Assim, não é de se estranhar que, neste tipo de pesquisa, o uso de ferramentas mais sofisticadas ainda se apresente de forma incipiente. Acredita-se que isto ocorra, pelo fato de se tratar de uma novidade, e porque os pesquisadores estejam mais acostumados a usar as técnicas tradicionais. Sabe-se também que ainda são poucos os pesquisadores que superaram o desafio de escolher um software apropriado, fácil de aprender e de usar, uma vez que a seleção de um software não é simples e o aprendizado requer dedicação e tempo.

Outro motivo, talvez seja o fato de que, em geral, é preciso dispor de algum recurso para a aquisição de uma ferramenta na qual valha a pena investir tempo e dinheiro, uma vez que os primeiros softwares de análise qualitativa que apareceram no mercado eram proprietários e caros. Comumente, este tipo de software é chamado em inglês de "Qualitative Data Analysis Softwares (QDAS)" e, em português, "Softwares de Análise de Dados Qualitativos (SADQs)". Entretanto, atualmente é possível encontrar no mercado softwares de qualidade mais baratos ou livres (freewares), o que pode contribuir para sensibilizar os pesquisadores a usarem algum deles. As vantagens compensam, já que, além de facilitarem e acelerarem o tratamento e a análise dos dados, possibilitam também aumentar, consideravelmente, o volume de dados com o qual se deseja trabalhar (Souza et. al., 2018).

A motivação para a realização do presente trabalho foi contribuir para a superação de barreiras que muitos pesquisadores, da área de ciências sociais, têm na hora de liderar uma pesquisa de campo mais sofisticada, incluindo o uso de técnicas estatísticas, como uma das formas de aproveitar os dados coletados para a transformação de pesquisas qualitativas em quantitativas.

O objetivo neste trabalho foi investigar, a partir da seleção de "Softwares de Análise de Dados Qualitativos (SADQs)" do tipo freeware e disponíveis no mercado, o software mais indicado, para os pequisadores de uma unidade de ensino e pesquisa (UEP), de uma universidade pública federal do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

2. Softwares de Análise de Dados Qualitativos

Recursos computacionais mais sofisticados vêm ganhando a atenção de acadêmicos e pesquisadores, visando a ampliação do apoio à realização de pesquisa em ciências sociais aplicadas (Lage, 2011). Isto tem motivado o desenvolvimento de SADQs mais abrangentes, com diferentes funcionalidades, "desde as mais simples, como contagem de palavras, até as mais complexas, como a geração de mapas conceituais [e recursos gráficos] a partir das informações analisadas" (Lage, 2010, p.3). Com o uso desse tipo de software torna-se possível tratar e analisar diferentes tipos de dados (texto, áudio, imagem e vídeo). Como afirma Nascimento (2017, p.636), o texto passa a ser um 'dado' que pode ser tratado por uma diversidade de metodologias quantitativas, tais como: "processamento de linguagem natural, recuperação de informações (incluindo a web), mineração de texto e aprendizagem de máquinas"; e as "técnicas podem variar desde a análise simples de frequências de palavras (ex.: bag of words) até modelos complexos, sejam estes estatísticos ou computacionais". Por outro lado, parece não existir ainda consenso na literatura quanto aos efeitos dos SADQs sobre a qualidade das pesquisas qualitativas. Ao estudarem os efeitos dos SADQs nas estratégias de qualidade de uma pesquisa qualitativa, com base numa extensa literatura, Souza Neto e seus colaboradores apontaram 3 efeitos negativos contra 7 positivos (Souza Neto *et. al.*, 2019).

A despeito da inexistência de consenso, a preponderância dos pontos positivos sobre os negativos, servem para mostrar a importância do uso deste tipo de software em pesquisas qualitativas. Além disso: "estas ferramentas computacionais tendem a ser especialmente úteis, quando se tem uma pesquisa qualitativa com grande volume de dados ou quando é necessário cruzar informações a partir dos atributos dos sujeitos de pesquisa" (Lage, 2010, p.3). De qualquer modo, os softwares não gratuitos costumam ser um recurso caro, especialmente para as universidades públicas brasileiras que vêm sofrendo cortes no seu orçamento, ano a ano (Federação de Sindicatos de Professores e Professoras de Instituições Federais de Ensino Superior e de Ensino Básico e Tecnológico [PROIFES], 2020). De certo modo, os softwares pagos costumam ser mais amplos e robustos do que os livres, mas também exigem mais da máquina para funcionar, como maior capacidade de processamento, armazenamento e redes de comunicação mais rápidas. E este é mais um problema para as universidades públicas brasileiras, cujo parque computacional se encontra, em geral, desatualizado. A alternativa, então, é recorrer aos softwares livres. O que justifica o desenvolvimento desta pesquisa.

2.1. O Desafio do Processo de Seleção

Diversos softwares de apoio a pesquisas científicas podem ser encontrados. Dada essa diversidade, os usuários enfrentam uma situação desafiadora para a avaliação e seleção de um software adequado às suas necessidades. "Infelizmente, essa avaliação geralmente é realizada de maneira 'ad-hoc' e informal e com vários graus de sucesso". Porém, "o ponto de partida para escolher determinado software é entender estas necessidades e qual plataforma é mais indicada" (Behrouz et al., 2009, p.292). A tarefa não é para principiante, e sim para especialistas em tecnologia da informação (TI) na área de análise de requisitos. "Para selecionar a lista inicial de produtos a serem avaliados... algumas organizações usam uma 'abordagem intuitiva'" (Bandor, 2006, p.11). Um método bem-sucedido para essa atividade consiste em alocar uma equipe de especialistas em TI

(técnicos em sistemas, engenheiros ou desenvolvedores de software e usuários finais). "O uso de uma equipe praticamente elimina uma perspectiva ou viés de pessoa única e leva em consideração os pontos de vista e as experiências dos avaliadores no processo de seleção e avaliação" (Bandor, 2006, p.11). A avaliação envolve verificar se o software a ser escolhido possui os requisitos de qualidade necessários. Quanto mais características forem satisfeitas, mais adequado será o software escolhido (Jackson et. al., 2011).

As soluções estão disponíveis no mercado sob determinadas modalidades, como por exemplo, suítes, softwares standalone, cliente/servidor e baseados em plataformas web. As suítes podem ser definidas como um conjunto integrado de programas voltados a um propósito comum (Fernandes, 2019). A decisão por optar por uma mistura de produtos se dá pela dificuldade de se obter margens de lucro aceitáveis com um único produto; além disso, deve-se levar em consideração a satisfação de seus potenciais usuários. O ponto principal negativo está na dificuldade de se escolher um ou mais produtos dentro de uma suíte, ou de arcar com o custo da não-utilização de alguns produtos contidos na suíte adquirida (Biasio, 2009).

2.1.1. Critérios de Seleção e SADQs Avaliados

Considerando a amplitude dos SADQs disponíveis no mercado (pagos e livres) e a impossibilidade de pesquisar todos no tempo planejado para a realização desse estudo, adotou-se como critérios: a) selecionar para estudo apenas software livres, ou disponíveis para download sob os termos da Licença v3 GNU General Public conforme as definições de Schlosser et. al., (2019) e GNU's Not Unix! (GNU, 2020a), considerando o problema orçamentário das universidades públicas que enfrentam barreiras para efetivar suas compras; b) a acessibilidade, entendida neste caso, como a facilidade de encontrar na literatura de acesso livre (artigos, teses, dissertações, trabalhos apresentados em congressos etc.) sobre os softwares a serem estudados; c) limitar o número de softwares a ser estudados, dada a variedade e quantidade de SADQs disponíveis no mercado.

A seguir são apresentados os softwares estudados e o resumo das suas principais funções.

AQUAD (1) – Originalmente foi desenvolvido para a análise de conteúdo qualitativo, com alguns arquivos de demonstração, inclusive com um script na linguagem R, que é destinada a exploração e análises estatísticas de dados. As principais funções do AQUAD são as de análise de conteúdo com diversos formatos possíveis: vídeo, áudio e imagens que podem ser codificadas diretamente na tela. Outras funções suportadas: codificação de registros de códigos criados automaticamente (lista de códigos mestres); análise separadas por alto-falantes em arquivos de áudio, vídeo e texto; análise de palavras com o uso de dicionários de significado (catálogos de palavras); construção de hipóteses de ligação (unidades de significado vinculadas); comparação de casos / arquivos por análise booleana de características críticas e identificação de "tipos" ("minimização lógica"); análise implicante e análise sequencial, que podem ser obtidas por meio da álgebra booleana e da abordagem da hermenêutica objetiva, respectivamente (Vilela & Napoles, 2010; Center of Qualitative Psychology[AQUAD], 2020).

Digital Replay System/DRS (2) – Software multiplataforma desenvolvido pela Universidade de Nottingham, do Reino Unido. Possibilita trabalhar com grandes conjuntos de dados heterogêneos, com sincronia de playbacks entre os tipos de arquivos

de multimídia. O DRS funciona como um repositório organizador, sincronizador e visualizador de dados, o que permite o manuseio e suporte de registro digital de relevância. Tem suporte para a criação de memorandos e anotações, permitindo ao usuário fazer a transcrição e codificação de seus conjuntos de dados. Possui ferramentas para a representação gráfica e análise dos dados do registro do sistema, permitindo que bancos de dados e *logs* textuais sejam explorados (Universidade de Nottingham, 2011).

Iramuteq (3) – Possiblita a realização de análise estatística de *corpus* textuais e tabelas. É baseado no software estatístico R e na linguagem de programação Python. A principal característica do Iramuteq consiste na reprodução do método de classificação descrito por Max Reinert, chamada de Classificação Hierárquica Descendente com o cruzamento de formas sólidas e segmentos de texto. Os principais recursos da análise de *corpus* textual, são: busca por especificidade da segmentação definida; estatísticas clássicas de texto; análise de similaridade em formas sólidas; uso do método qui-quadrado estatístico (chi²) (Souza *et. al.*, 2018; Ratinaud, 2019).

KH Coder (4) – Presta-se à análise de conteúdo ou mineração de texto. O software consegue analisar uma gama de diferentes idiomas, inclusive o português. A análise feita pelo software pode ser separada em dois estágios: a) no primeiro estágio, as palavras são extraídas automaticamente dos dados e os resultados são tabulados e analisados. Isso permite explorar as características dos dados e resumí-los ao mínimo possível; b) no segundo estágio, o analista especifica ativa e explicitamente as regras de codificação e extrai o conceito dos dados. Nesta etapa é também feita a agregação dos resultados para aprofundar a análise (Higuchi, 2020).

TranscriberAG (5) – É voltado para auxiliar qualquer tipo de análise que necessite a transcrição de áudios e entrevistas. Permite segmentar, classificar, transcrever arquivos de voz longos e filtrar as condições acústicas existentes. Possui interface amigável a usuários iniciantes e utiliza gráficos de anotações nativamente para a leitura de dados. Conta com as funções de gerenciamento de formatos: leitura de muitos formatos de áudio e vídeo; manipulação de arquivos muito longos (até várias horas); reprodução sincronizada. Possui também algumas funções relacionadas à transcrição para a segmentação de seção, mudança de fala e sentença; facilidade para a criação e modificação de âncoras temporais; além de uma variaedade de recursos visando facilitar a navegação na tela (DGA, 2014).

O IpeaGEO (6) – Software criado pela Assessoria de Métodos Quantitativos do Ipea-Brasil (ASMEQ). Oferece funcionalidades estatísticas para georeferenciamento e diversas ferramentas econométricas, que também permitem a aplicação de análises que utilizam estatística espacial. O software disponibiliza bases de dados como, por exemplo, censos e IDH onde o usuário pode adaptar às regiões do território nacional. Ideal para estudantes, professores, acadêmicos e empresas que trabalham com estatística, econometria e georeferenciamento. Outras funções oferecidas: medidas globais e locais de dependência espacial tipo Moran, Geary, Getis-Ord Gi* e LISA; medidas de segregação espacial de uniformidade, exposição e agrupamento OLS, 2SLS, Logit, Probit, SAR, SEM, SAC, GMM e outros. O IpeaGEO possui um nível de execução semelhante a outros softwares para esta finalidade e tem a vantagem de ser estável e desenvolvido em português (Rocha *et. al.*, 2013; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada[IpeaGeo], 2020).

BioEstat (7) – Dispõe de mais de 200 aplicativos estatísticos de fácil uso pelos iniciantes, voltados sobretudo para as áreas das ciências biológicas e médicas. O software encontra-se em conformidade com as seguintes heurísticas pedagógicas: características pedagógicas; facilidade do uso; características da interface gráfica; função de documentação e portabilidade (Silva *et al.,* 2014). Dá suporte a testes paramétricos e não-paramétricos e se mostra eficaz como um software de auxílio às disciplinas de estatísticas na graduação, devido à sua praticidade e aplicabilidade em diversas áreas, com potencialidade para despertar a atenção e o interesse do aluno para com a estatística (Silva *et al*., 2014; Programa Bioestat 5.3[BioEstat], 2020).

STATDISK (8) – Permite análise estatística por meio de uma grande quantidade de funções. Possibilita realizar estatísticas de testes em andamento, assim como a transformação dos dados amostrais em informação estatística. Oferece também a opção de se trabalhar com gráficos dos mais variados tipos. Conta com diferentes tipos de livros didáticos no formato impresso e digitais, e vídeos institucionais, de acordo com as necessidades do usuário e seu nível de aprendizado. Com isso, o usuário tem disponível todas as explicações referentes aos índices estatísticos, probabilísticos, simulações e hipóteses para o uso na análise qualitativa (Gama, 2012; Triola Stats[Statdisk], 2020).

RKWard (9) – Interface gráfica para o software R, que atende desde iniciantes a usuários mais avançados. Dispõe de uma mistura de menus e caixas de diálogo voltados para as funções do módulo R, e suporte de programação para o RStudio. Para os experts na linguagem R, o RKWard fornece recursos avançados de ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) com o fim de ajudar na escrita de *scripts* R. Outras funções: edição de dados semelhante a planilha; destaque de sintaxe, dobragem de código e conclusão de código; importação de dados (por exemplo, SPSS, Stata e CSV); visualização da plotagem e histórico navegável; gerenciamento de pacotes R; caixas de diálogos da IDE para todos os tipos de estatísticas e gráficos. Possui documentação e manuais necessários para o aprendizado e uso do software (Friedrichsmeier *et. al*., 2020; Muenchen, 2018; Rödiger *et. al*, 2012).

GNU PSPP (10) – É um substituto gratuito do GNU, desenvolvido pelo Projeto GNU (Gnu is Not Linux), e que também oferece uma boa liberdade de uso, quando comparado a programas proprietários, como o SPSS, por exemplo, por ser muito semelhante a ele, com algumas exceções. O PSPP não tem data de expiração ou paradas programadas, uma garantia para o seu funcionamento sem interrupção. Também não há limitações na quantidade de casos e variáveis que o software poderá resolver. Estas duas facilidades são uma vantagem em comparação a outros softwares, nem sempre presentes em softwares livres. Oferece: suporte a mais de 1 bilhão variáveis e igual número de casos; arquivos de sintaxe e dados que são compatíveis com os do SPSS; interface gráfica do usuário que suporta todos os conjuntos de caracteres comuns traduzida para vários idiomas; possibilidade de escolha de formatos de saída de texto, *postscript*, pdf, *opendocument* ou *html*; interoperabilidade com *Gnumeric, LibreOffice, OpenOffice.Org* e outros softwares livres; opção de importação de dados de planilhas, arquivos de texto e fontes de banco de dados; capacidade de abrir, analisar e editar dois ou mais conjuntos de dados simultaneamente, podendo estes serem também mesclados, unidos ou

concatenados; procedimentos estatísticos rápidos, mesmo em conjuntos de dados muito grandes; suporte para execução em diferentes computadores e sistemas operacionais. São considerados destaques do PSPP: o manual do usuário totalmente indexado; o fato de não haver taxa de licença, nem contrato de licença e período de validade. Além disso, é fácil usar as suas mais de 200 funções de análise (Lana, 2011; Santos, 2018; GNU, 2020b).

3. Metodologia

Trata-se da uma pesquisa qualitativa, aplicada e bibliográfica (Köche, 2011), realizada entre janeiro e fevereiro de 2020. A coleta de dados foi feita usando um questionário semiestruturado, elaborado com base na literatura. O questionário visou levantar as informações pertinentes ao estudo realizado sobre o SADQ escolhido, levando em conta o nível de conhecimento do usuário, seu foco da pesquisa, as características e funções do SADQ, bem como características sobre confiabilidade e satisfação de uso do software em questão. A pesquisa contou com os seguintes instrumentos de coleta de dados: a aplicação de questionários de pesquisa, realização de atividades com a participação de um grupo focal e levantamento de dados com base na literatura sobre os softwares estudados.

3.1. Questionário e Teste Piloto

Para o desenvolvimento do questionário e sua aplicação foi usado o Google Forms, que também possibilitou fazer as análises das respostas dos pesquisados (usuários de SADQs), conforme descrito nas seções 3.2 e 3.3. O questionário (ver extrato das questões na Tabela 2) foi enviado a grupos específicos de usuários em redes sociais e fóruns na internet, todos com conhecimento de SADQs. Ao todo 500 usuários foram convidados a participar da pesquisa, sendo que o retorno foi de 10%, perfazendo 50 pesquisados.

Com o fim de aprimorar o questionário, foi realizado um teste piloto, com 8 participantes, para validar as questões e corrigir incoerências percebidas. As melhorias feitas foram: reescrita da introdução para melhorar a clareza e entendimento; correção de inconsistências e alteração de posições entre questões. A versão definitiva do questionário contou com 14 questões (10 fechadas e 4 abertas). Dado ao volume de informações coletadas neste trabalho, neste artigo foram consideradas apenas as questões fechadas.

3.2. O Grupo Focal seu Trabalho

Para a avaliação do software a ser escolhido, foi formado um grupo focal (GF), composto por dois docentes e um discente da UEP, e um docente externo (de outra instituição de ensino e pesquisa do Rio de Janeiro), todos com experiência em avaliação de softwares. A função desse grupo foi definir os requisitos para a avaliação, levando em consideração as particularidades, necessidades e limitações da UEP, e conduzir o processo de avaliação. Todo o trabalho do grupo focal levou em consideração tanto a literatura pesquisada, no que se refere à metodologia, como a definição e análise de requisitos, o tratamento dos dados e a análise dos resultados (Bandor, 2006; Behrouz *et al.*, 2009; Jackson *et al.*, 2011). A seleção dos requisitos gerou a Tabela 1.

Item	Requisito Observado
1.1	Infraestrutura
1.2	Acesso à Internet
1.3	Especificações de Hardware
2.1	Preço da Licença do SADQ
2.2	Documentação do SADQ
2.3	Segurança do SADQ
3.1	Necessidade de aprendizado do SADQ
3.2	Facilidade de uso do SADQ
3.3	Layout do SADQ

Fonte: elaboração própria (2020).

Tabela 1 – Requisitos observados para a adoção dos SADQs

Visando proceder a avaliação, cada integrante do grupo focal preencheu uma tabela atribuindo pesos aos requisitos selecionados. A atribuição da pontuação de cada membro do GF levou em consideração o peso dos requisitos dentro do contexto de adoção do software e o grau de importância do software a ser selecionado para uso pelos futuros usuários. Os pesos atribuidos, e seus significados foram, respectivamente: "1 - Pouco Importante, "3 - Importante" e "5 - Muito Importante". Ao final do preenchimento das tabelas de cada membro do GF, os pesos atribuídos aos requisitos de cada software foram somados, gerando um valor absoluto para cada software, de modo a distinguir a pontuação obtida em cada software. Assim, os três softwares com maior pontuação seriam os mais indicados para os futuros usuários.

A consolidação das tabelas individuais de cada membro do GF gerou uma tabela única (Tabela 4), contendo as médias dos pesos obtidos com avaliação de cada SADQ, e encontra-se na seção 4 "Análise dos Resultados".

3.3. Tratamento dos Dados

O tratamento dos dados foi feito usando a técnica de estatística descritiva, o que tornou possível a criação de uma tabela de acordo com a resposta indicada. A escala funciona da seguinte forma: cada opção de escolha nas perguntas do questionário é equivalente a um numeral, que por sua vez, respeita a ordem de apresentação das questões no questionário (Tabela 2). Assim, tomando como exemplo a questão 5, as opções: "Nada fácil", "Relativamente fácil", "Fácil" e "Muito fácil" assumem os valores 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Questão	Descrição
1	A sua empresa ou instituição usa algum *software* de pesquisa e análise de dados?
2	Considerando o seu nível de conhecimento e experiência com o *software* avaliado, como você se classifica?

Questão	Descrição
3	O *software* oferece todas as funções, recursos e facilidades para a realização de pesquisas qualitativas?
4	O *software* é mais focado para que tipo de pesquisa?
5	Como você avalia a facilidade de aprendizagem do *software*?
6	Como você avalia a facilidade de uso do *software*?
7	O *software* dispõe de todos os recursos de modo a garantir a confiabilidade?
8	O *software* dispõe de todos os recursos de modo a garantir a garantir o *back-up* e a recuperação automática em caso de erro, falhas, ou de queda de energia?
9	O *software* dispõe de toda a documentação necessária para o seu aprendizado, uso e correção pelo usuário, em caso de erro ou falha?
10	Você está satisfeito com o *software*?

Fonte: elaboração própria (2020).

Tabela 2 – Extrato das perguntas do questionário

Dessa forma, por meio da estatística descritiva e cálculo da média, mediana, moda e desvio padrão foi possível observar algumas características comuns entre os usuários que responderam os questionários.

A Tabela 3 apresenta o resultado da apuração das questões. Q1 significa questão 1, Q2 = questão 2, Q3 = questão 3, e assim sucessivamente.

Medidas Estat.	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Média	8,26	2,26	1,82	1,36	2,1	2,26	1,4	1,76	1,74	1,48
Mediana	9,5	2	2	1	2	2	1	2	2	1
Moda	10	2,3	2	1	2	2	1	2	2	1
Desvio Padrão	2,81	0,96	0,65	0,52	0,67	0,74	0,49	0,62	0,66	0,5

Fonte: elaboração própria (2020).

Tabela 3 – Medidas estatística aplicada nas respostas dos questionários

A *Questão 1* procurou saber se a empresa ou instituição na qual os pesquisados trabalham usa algum software de pesquisa e análise de dados: todos os pesquisados responderam que "sim". A *Questão 2* visou saber qual era o nível de experiência dos respondentes com relação aos softwares de pesquisa cientifica: 58% dos usuário possuem nível inicial ou médio, e 42% possuem de nível médio para elevado. A *Questão 3* investigou a qualidade dos softwares utilizados em pesquisas científicas, considerando o suporte dado em relação a todas as funções, recursos e facilidades oferecidas: 14% dos respondentes apontam que os SADQs "não têm a qualidade esperado", enquanto que para 54% a "qualidade é parcial", e para 32% os SADQs "têm qualidade". A *Questão 4* buscou compreender a área de atuação dos usuários investigados, de acordo com o tipo de pesquisa. 66% dos pesquisados atuam mais com pesquisas qualitativas; 32% têm maior participação em pesquisas quantitativas; e 2% atuam igualmente em ambos tipos de pesquisas. A *Questão 5* teve como objetivo verificar como os pesquisados percebem a facilidade de aprendizado

dos SADQs: 14% dos pesquisados sinalizam que "não é nada fácil aprender a usar os softwares"; para a maioria (66%) "aprender a usar os SADQs é relativamente fácil"; para 16% é "fácil" e apenas para 6% é "muito fácil". A *Questão 6* visou avaliar a facilidade de uso dos softwares: 14% dos pesquisados entendem que "não é nada fácil usar os SADQs"; para 50% é "relativamente fácil"; 40% acham "fácil" ou muito "fácil". A *Questão 7* foi direcionada a investigar se os SADQs avaliados possuíam todos os recursos para garantir a sua confiabilidade: 40% dos usuários consideram os softwares "pacialmente confiáveis", enquanto os 60% avaliam como "totalmente confiáveis". A *Questão 8* visou saber se os SADQs ofereciam todos os recursos para *backup* e recuperação automática de erros, falhas ou falta de energia: 10% dos pesquisados entendem que "não"; a maioria (56%) avalia que os SADQs "têm os recursos para a recuperação automática" a falhas e erros; e 34% são de opinião de que os SADQs "suportam totalmente a correção automática" a falhas e erros. A *Questão 9* foi motivada a conhecer se os SADQs possuíam documentação completa para o aprendizagem, uso e correção, pelo usuário, em caso de erro ou falha: para 12% os SADQs "não possuem" toda a documentação necessária; 50% consideram que "têm documentação parcial"; e 38% acham que os SADQs "têm toda a documentação necessária". Por último, a *Questão 10* reflete, de um modo geral, o nível de satisfação dos usuários pesquisados em relação aos softwares estudados: 48% se sentem "pacialmente satisfeitos" com os SADQs, enquanto que 52% estão "totalmente satisfeitos".

3.4. Análise dos Resultados

A análise do resultado final foi feita em duas etapas: a) avaliação do Grupo Focal: b) análise sobre a percepção dos usuários pesquisados.

No tópico 3.1.3, sobre GF e seu trabalho, foram apresentados os critérios adotados para a avaliação dos SADQs. As avaliações descritas foram consolidadas na Tabela 4, cujos resultados foram gerados a partir do consenso das avaliações dos quatro membros do GF, representando a média ponderada sobre os SADQs avaliados.

Requisito	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	*S9*	*S10*
1.1	*2*	2,5	*3*	3	3	4	2,5	2	1,5	*4*
1.2	*2,5*	1	*2*	1,5	2	2,5	1,5	2	3	*2*
1.3	*2,5*	2	*2*	2,5	4	4	2	2	3	*3*
2.1	*2*	1	*2*	1	1,5	1	1	1,5	1	*2*
2.2	*5*	2	*3*	2	2,5	2,5	3	3	2,5	*3,5*
2.3	*2,5*	2,5	*4*	2	3	2,5	2,5	3,5	3,5	*4*
3.1	*4*	2,5	*4*	3	2,5	2,5	2,5	2,5	3	*4*
3.2	*3,5*	2,5	*4*	3	3	3,5	3	3	3,5	*4*
3.3	*4*	2,5	*3,5*	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	3	*4*
Total	*28*	18,5	*27,5*	20,5	24	26	21,5	23	24	*30,5*
Média	*3,1*	2,1	*3,1*	2,3	2,7	2,9	2,4	2,6	2,7	*3,4*

Fonte: elaboração própria (2020).

Tabela 4 – Consolidação da avaliação dos membros do grupo focal

Com base na pontuação e média dos SADQs apresentados na Tabela 4, foi possível selecionar os três softwares com os maiores resultados, que são os SADQs: AQUAD (S1), Iramuteq (S3) e o PSPP (S10).

A segunda etapa da avaliação levou em consideração os principais fatores ligados à percepção dos usuários pesquisados para a classificação do software mais indicado. Esses fatores, levantados nas questões pesquisadas, estão relacionados: (i) à qualidade (32% dos investigados sinalizaram que os QADQs "não têm a qualidade desejada"); (ii) à facilidade de aprendizagem (apenas 24% consideram "fácil" ou "muito fácil"); (iii) à facilidade de uso (apenas 36% consideram "fácil" ou "muito fácil"); (iv) confiabilidade (apenas 40% consideram confiáveis); (v) ao suporte a backup e recuperação automática a falhas e erros (para 10% os SADQs "não são confiáveis" e para 56% o suporte é "parcial"); (vi) à documentação completa de uso e correção (segundo 38%, os SADQs têm "documentação completa") e (vii) à satisfação com os SADQs (52% estão "totalmente satisfeito").

Assim, ao se fazer a comparação das características e funções dos três softwares selecionados, percebe-se que o PSPP leva vantagem sobre os outros dois SADQs. Observa-se, também, que o PSPP foi o SADQ que obteve a maior pontuação entre os estudados.

4. Conclusões

A proposta desta pesquisa foi avaliar softwares que dão suporte à Análise de Dados Qualitativos, entre os disponíveis no mercado, visando indicar, dentre os selecionados, um software livre para uso dos potenciais usuários da UEP, pertencente a uma universidade pública federal brasileira. Para atingir este objetivo, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre o tema pesquisado, que também deu subsídios para a elaboração do questionário e suporte para a definição dos requisitos de software. Aplicou-se o questionário a 50 usuários dos SADQs, com o fim de entender como eles avaliam os softwares estudados, de acordo com a sua perpeção e experiência.

Para desenvolver o estudo, constituiu-se um grupo focal com 3 membros pertencentes a UEP e outro externo, todos com conhecimento e experiência em avaliação de softwares. A função deste grupo foi definir os requistos dos softwares a serem avaliados, estabelecer os critérios, fazer a avaliação e indicar o SADQ mais adequado aos pontenciais usuários da UEP.

Com a seleção de três SADQs (AQUAD, Iramuteq e o PSPP) e a respectiva indicação de um deles (PSPP) para os potenciais usuários da UEP, entende-se que o objetivo deste estudo foi alcançado. Deduz-se, também, que o estudo tenha pontencial e contribua para que diferentes tipos de usuários, acadêmicos ou não, percebam os SADQs como uma importante ferramenta para o aprimoramento de suas pesquisas científicas. Esta metodologia poderá ser aplicadas para outras unidades internas ou de outras instituições para de acordo com seus requisitos poderem escolher o software mais adequado para suas necessidades.

Referências

Bandor, M.S. (2006). Quantitative Methods for Software Selection and Evaluation. Technical Note CMU/SEI-2006-TN-026. *Software Engineering Institute*, Carnegie Mellon University. https://doi.org/10.1184/R1/6582749.v1

Behrouz, H.F., Mudigonda, V., & Elamy, A.H. (2008). A General Purpose Software Evaluation System. *IEEE International Conference on Information Reuse and Integration*, Las Vegas, NV, USA. 290-295. https://doi.org/ 10.1109/ IRI.2008.4583045.

Biasio, R. (2009). *Sistema de Apoio a Decisão para definição de mix de produtos em empresas comerciais varejistas* (Tese de Doutorado). Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Recuperado em 9 de dez., 2019 de https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/ handle/10183/17237/000712857.pdf?sequence=1.

Center of Quality Psychology (2020). *Analysis of qualitative data*. AQUAD 8 for text analysis. Recuperado em 26 de ago., 2020 de http://www.aquad.de/en

DGA. (2014). *TranscriberAG*. Recuperado e 7 de jan., 2020 de http://transag. sourceforge.net/index.php?content=features

Federação de Sindicatos de Professores e Professoras de Instituições Federais de Ensino Superior e de Ensino Básico Técnico e Tecnológico. PROIFES. (2020). *Orçamento de 2020*. Recuperado em 22 de ago. de 2020 de https://www.proifes.org.br/ noticias-proifes/orcamento-inicial-de-2020-reduz-nominalmente-os-recursos-disponiveis-em-mais-de-metade-das-ifes.

Fernandes, J. H. C. (2019). *O que é um Programa (Software)? Textos e Notas sobre a Engenharia de Software e Sistemas de Informação*. Recuperado em 8 de dez., 2019 de https://cic.unb.br/~jhcf/MyBooks/iess/Software/oqueehsoftware.html.

Friedrichsmeier, T. et. al. (2020). About RKWard. Recuperado em: 9 de abr., 2020 de https://rkward.kde.org/About.html

Gama, J.A.S. (2012). Estudo e Aplicação dos Testes de Hipóteses Paramétricos e Não Paramétricos em Amostras da Estação Fluviométrica Três Maria (MG) da bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *In VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, Tocantins. Recuperado em 11 de jan., 2020 de http://propi. ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/5630/907.

GNU's Not Unix! GNU Operating System (2020a). O que é o software livre? O Sistema Operacional GNU. *Free Software Foundation*. Recuperado em 26 de ago., 2020 de https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html

GNU's Not Unix! GNU Operating System (2020b). GNU PSPP. *Free Software Foundation*. Recuperado em 26 de ago., 2020 de https://www.gnu.org/software/ pspp/.

Higuchi (2020)**.** *KH CODER*. Recuperado em 26 de ago., 2020 de https://khcoder.net/en

IpeaGEO (2020). Software de Análise Estatística Espacial do IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Ipea – ASMEQ*, 2020. Recuperado em 26 de ago., 2020 de http://www.ipea.gov.br/ipeageo/index.html.

Jackson, M., Crouch, S., & Baxter, R. (2011). Software Evaluation: Criteria-based Assessment. *Software Sustainability Institute,* 1. November. Recuperado em 13 de fev., 2020 de https://software.ac.uk/sites/default/files/SSI-SoftwareEvaluationCriteria.pdf.

Köche, J.C. (2011) Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Petrópolis, Rio de JAneiro: Vozes.

Lage, M.C. (2010). Utilização do software NVivo em pesquisa qualitativa: uma experiência em EaD. *ETD – Educ. Tem. Dig*., *12*(n.esp), 198-226. March. https://doi.org/10.20396/etd.v12i0.1210

Lana, P.C. (2011). Uso e desenvolvimento de Software Livre no Ensino Superior Brasileiro. *Anais do Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre - UEADSL*, *2*(2). Minas Gerais. Recuperado em 10 de jan., 2020 de http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/ueadsl/article/view/2865/2824.

Muenchen, R.A. (2018). *Comparative Review of the RKWard GUI for R*. Recuperado em 9 de abr., 2020 de http://r4stats.com/articles/software-reviews/RKWard/.

Nascimento, J.B. (2017). Indicações Bibliográficas. Análise de Conteúdo com Técnicas Qualitativas. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, *57*(6), nov-dez.

Patias, N.D., & Hohendorff, J.V. (2019). Critérios de qualidade para artigos de pesquisa qualitativa. *Psicologia em Estudo, 24*(e43536). December. https://doi.org/10.4025/psicolestud.v24i0.43536

Programa Bioestat 5.3 (2020). BioEstat. *Instituto Mamirauá*. Recuperado em 6 de fev., de 2020 de https://www.mamiraua.org.br/downloads/programas/

Ratinaud, P. (2019*).* Iramuteq - *Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*. Recuperado em 19 de dez., 2019 de http://www.iramuteq.org/

Rocha, A.A., Ichikawa, S.S.H., & Henrique, J.S. (2013). *Visita guiada ao software IpeaGeo para uso em análise espacial de estudos de Economia regional*. In Encontro Paranaense de Economia, X ECOPAR, Paraná.

Rödiger, S., Friedrichsmeier, T., Kapat, P., & Michalke, M. (2012). RKWard: A Comprehensive Graphical User Interface and Integrated Development Environment for Statistical Analysis with R. *Journal of Statistical Software*, *49*(9). June. http://dx.doi.org/10.18637/jss.v049.i09

Santos, A. (2018). *IBM SPSS como Ferramenta de Pesquisa Quantitativa*. Programa de estudos pós-graduados em administração. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). São Paulo.

Schlosser, D. F., Frasson, A. C., & Cantorani, J. R. H. (2019). Softwares livres para análise de dados qualitativos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, *12*(1), 539-550. Jan./abr. http://dx.doi.org/10.3895/rbect.v12n1.9550

Silva, A.C.S., Veiga, J.B., Veiga, B.B., Caio, C.S., Oliveira, A. (2014). Avaliação do software Bioestat para o ensino de estatística nos cursos de graduação. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, *12*(2), 375–385, ago./dez. http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v12i2.1485

Souza. M.A.R., Wall, M.L., Thuler, A.C.M.C., Lowen, I.M.V., & Peres, A.M. (2018). The use of Iramuteq software for data analysis in qualitative research. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. 52(e03353). October. http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2017015003353

Souza Neto, R.A., Dias, G.F., Silva, R.R. da, & Ramos, A.S. (2019). Efeitos dos Softwares de Análise de Dados Qualitativos na Qualidade de Pesquisas. *Revista de Administração Contemporânea,* 23(3), 373-394. June. https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2019170357

Triola Stats (2020). *Statdisk*. Recuperado em 8 de jan., 2020 de https://www.triolastats.com/statdisk

Universidade de Nottingham (2011). *Digital Replay System*. Recuperado em 26 de ago., 2020 de http://thedrs.sourceforge.net/.

Vilela, R.A.T., & Napoles, J.N. (2010). Hermenêutica Objetiva e sua Apropriação na Pesquisa Empírica na Área da Educação. *Revista Linhas Críticas*, 16(31), 305-326, jul./dez. https://doi.org/10.26512/lc.v16i31.3618

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/10/2020
Aceitação/Acceptance: 07/12/2020

Motivação e engajamento na educação corporativa mediada por tecnologia da informação

Rodrigo da Silva Monteiro[1], Marcus Brauer[1,2], Cecília Lima de Queirós Mattoso[1], Alberto Luiz Albertin[3] e Ettore de Carvalho Oriol[3]

rsm.rodrigomonteiro@gmail.com; marcusbrauer@gmail.com; cecilia.mattoso@estacio.br; albertin@fgv.br; ettore.oriol@gmail.com

[1] Universidade Estácio de Sá – Programa de Mestrado Profissional - MADE-UNESA

[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro - UNIRIO – Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ

[3] Escola de Administração de Empresas de São Paulo – Fundação Getúlio Vargas - EAESP-FGV

Pages: 178-192

Resumo: Como as empresas têm aumentado a carga de trabalho, reduzido os orçamentos, e espalhado as equipes geograficamente, fazendo do recurso tempo um dificultador para a adesão dos funcionários nos programas tradicionais, a opção de ensino mediada pela Tecnologia da Informação tem se tornado uma opção viável. A partir dessa constatação, o objetivo foi traçado como "avaliar a intensidade dos principais fatores que influenciam a motivação e o engajamento no processo de aprendizagem no ambiente de educação corporativa a distância, à luz do modelo de MES-US de Martin (2019)". Para atender ao objetivo, a metodologia utilizada foi a coleta de dados por meio de *survey* (160 questionários respondidos), sobre os quais testou-se a escala via método SEM-CFA e análise das hipóteses seguindo o método de Martin (2019). Os resultados indicaram que a escala é válida para medir os construtos propostos, e que apenas os construtos Planejamento e Ansiedade não foram confirmados.

Palavras-chave: motivação e engajamento, EAD, Educação mediada por Tecnologia.

Motivation and engagement in corporate education mediated by information technology

Abstract: As companies have increased the workload, reduced budgets, and spread teams geographically, making the resource time a hindrance for the adhesion of employees in traditional programs, the option of teaching mediated by Information Technology has become a viable option. Based on this observation, the objective was defined as "assessing the intensity of the main factors that influence motivation and engagement in the learning process in the corporate distance education environment, in the light of the MES-US model by Martin (2019)". To meet the objective, the methodology used was data collection through a survey (160 questionnaires answered), on which the scale was tested using the SEM-CFA

method and analysis of the hypotheses following the method of Martin (2019). The results indicated that the scale is valid to measure the proposed constructs, and that only the Planning and Anxiety constructs have not been confirmed.

Keywords: motivation and engagement, Corporative education, Technology-mediated education.

1. Introdução

Para se manterem competitivas, as empresas enfrentam diferentes desafios econômicos, tecnológicos ou relativos ao mercado de trabalho e às características dos trabalhadores, como por exemplo, o desejo de decidir quando e onde trabalhar, visando o equilíbrio da vida pessoal com a profissional (Crook et al., 2011; Noe; Clarke; Klein, 2014). Ao mesmo tempo, precisam investir no desenvolvimento contínuo das pessoas (Salas et al., 2012). Por outro lado, altas cargas de trabalho, orçamentos curtos e equipe espalhada geograficamente, fazem do recurso tempo um dificultador para a adesão dos funcionários nos programas tradicionais de treinamento, que passam a adotar os métodos de ensino *online* (Noe et al, 2014). Neste cenário, a educação mediada por tecnologia, ou a distância (EAD), aplicada ao ambiente corporativo é vista como uma opção factível na concepção de instrumentos que possibilitem a aprendizagem e a qualificação continuada durante a vida profissional (Abbad et al, 2010), mostrando-se como uma lacuna ainda não explorada dentro da literatura acadêmica nacional.

A motivação está relacionada às influências que levam as pessoas a cumprirem uma tarefa, determina o nível de esforço, o tempo que se dedicarão e a forma que farão (Latham; Pinder, 2005). Já a motivação para o aprendizado trata de quanto as pessoas acreditam que o treinamento em questão é relevante e quão dispostas estão a se esforçarem nesta tarefa (Noe, 1986; Noe; Schmitt, 1986). O modelo MES-UC (*Motivation and Engagement Scale – University/College*), que mensura motivação e engajamento de alunos do ensino superior, foi elaborado por Martin (2003) e Martin (2008) e concluiu que, além de mensurar motivação e engajamento para tais alunos, pode ser aplicado para mensurar estes fatores em outros contextos (Cardoso, 2017).

A partir dessa lacuna identificada, apresentou-se a seguinte questão de pesquisa, "quais os principais fatores que influenciam a motivação e o engajamento dos funcionários no processo de aprendizagem no ambiente de educação corporativa a distância, à luz do modelo de MES-UC de Martin (2019)". Essa questão é importante pois, conhecer mais sobre os efeitos dos fatores de motivação e engajamento dos indivíduos dentro do ambiente corporativo mediado por Tecnologias da Informação, torna-se relevante para auxiliar as organizações em seus planejamentos estratégicos de longo prazo em relação a educação continuada, obtendo por consequência, a manutenção da competitividade no mercado (Penrose, 1997).

Como contribuição teórica, este estudo pretende trazer à discussão o tema da educação a distância no ambiente corporativo, além de proporcionar embasamento científico para a utilização do modelo MES-UC neste contexto. Como contribuição prática, esta pesquisa procura indicar quais construtos tem maior impacto na motivação e engajamento dos indivíduos no processo de aprendizagem na educação corporativa a distância, permitindo às organizações atuarem de forma mais estratégica, maximizando seus resultados.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: inicialmente é apresentada a fundamentação teórica; depois o método da pesquisa; então tem-se a análise de resultados e, por fim, a conclusão.

2. Educação Corporativa a Distância, a Motivação no Processo de Aprendizagem e a Roda de Motivação e Engajamento

As organizações estão passando por um forte processo de transformação, trazendo mudanças nas relações sociais e econômicas. Isso acontece devido ao enorme avanço das tecnologias de informação e comunicação (Peters, 2017; Stock; Selinger, 2016). Isto sustenta a educação a distância no mundo atual, fazendo este tópico ainda mais aceito pela comunidade acadêmica global (Pellas, 2014). No mercado de trabalho, a liberdade de decidir onde e quando estudar, sem precisar se deslocar, facilita a aprendizagem de quem não dispõe de tempo para se locomover, favorecendo a educação a distância (EAD), que trata do tipo de ensino onde professores e estudantes estão separados no espaço, sendo essa separação tanto síncrona como assíncrona (Moore; Kearsley, 1996).

A educação corporativa (EC) é sobre ações organizadas das empresas objetivando incentivar a educação continuada dos seus funcionários, possibilitando desenvolver suas competências e alcançar objetivos estratégicos da empresa (Penrose, 1997; Eboli et al., 2010). Dentro das empresas, a EAD vem crescendo como ferramenta importante no desenvolvimento de suas estratégias de educação corporativa, com vantagens em relação ao modelo presencial, como por exemplo, rapidez ao difundir conhecimentos, facilidade em impactar um número maior de pessoas, e reproduzir e atualizar as aulas de forma ágil (Ferreira; Valério; Souza, 2010).

A motivação é compreendida como a força motriz que leva um indivíduo a realizar um determinado esforço, a fim de concretizar uma tarefa (Bacca et al., 2018). No contexto educacional, a motivação é a disposição para a aprendizagem (Martin et al, 2017). O sucesso no processo aprendizagem depende do nível de motivação e engajamento dos alunos, fazendo com que tenham prazer e interesse em estudar, melhorando desempenho (Rodriguez et al., 2019).

Motivação e engajamento no desempenho dos alunos exercem papel relevante nas atividades acadêmicas (Schunk et al, 2008). A motivação quanto à aprendizagem é citada como forte prenúncio de bons resultados (Klein et al, 2006). Desta forma, cabe salientar que a diferença da motivação intrínseca e extrínseca têm impacto nos processos educacionais e seus resultados {Formatting Citation}. Estudantes motivados intrinsecamente são aqueles que se sentem interessados e recompensados no processo; já os motivados extrinsecamente esperam algum retorno externo (Ryan; Deci, 2000a).

Revisões críticas apontam para pedidos por abordagens mais integrativas sobre o tema motivação, e nesse contexto, a Roda de Motivação e Engajamento (Martin, 2001, 2002, 2003, 2005, 2007) e sua ferramenta de avaliação, a Escala de Motivação e Engajamento (MES) - foram desenvolvidas (Martin, 2007) e aplicadas a diversos ambientes e pesquisas.

São dois os níveis em que a roda foi conceituada: o nível integrativo de ordem superior, com quatro fatores, a saber: cognição adaptativa (orientação motivacional positiva para a aprendizagem), comportamento adaptativo (estratégias positivas para se envolver com a

aprendizagem), cognição impeditiva (inibe o envolvimento motivado na aprendizagem) e comportamento desadaptativo ou mal-adapttivo (ou ainda, falhas adaptativas) (Liem; Martin, 2012); e o nível de ordem inferior, com onze fatores agrupados dentro de cada nível integrativo de ordem superior (Martin, 2007).

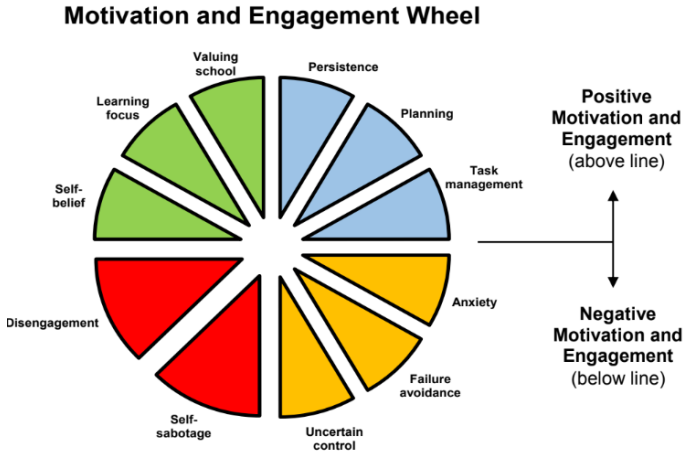


Figura 1 – Roda de Motivação e Engajamento
Fonte: Martin (2019)

Sob o nível de ordem superior da cognição adaptativa, estão os fatores de ordem inferior: autoeficácia (Bandura, 1997), orientação de domínio (Ryan; Deci, 2000b) e a valorização, na teoria do valor da expectativa (Wigfield; Eccles, 2000). Já na ordem superior comportamento adaptativo os fatores de ordem inferior: persistência, planejamento, gerenciamento do estudo (Liem; Martin, 2012). Depois, no nível de ordem superior cognição impeditiva estão os fatores de ordem inferior: ansiedade, medo do fracasso (evitação) (Atkinson, 1957; Covington, 1992) e controle do incerto (Weiner, 1994). Por fim, sob o comportamento desadaptativo estão os fatores de ordem inferior: autossabotagem (Covington, 1992) e desengajamento (Skinner et al., 2009).

A teoria da auto eficácia afirma que sua aplicação eleva o nível de realização pessoal (Bandura, 1987) e é fator que prediz o sucesso na aprendizagem, funcionando como um forte parâmetro da motivação dos alunos (Geitz; Brinke; Kirschner, 2016; Zimmerman, 2000). Ela também está ligado a independência de aprendizado do aluno, que pode considerar como não necessária a presença de um professor presencial (Vieira et al. 2019).

Hipótese 1 - A autoeficácia apresenta-se com maior intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

Já a Teoria da Orientação para o Domínio e a Teoria da Autodeterminação indicam que sua influência está orientada diretamente para a motivação de realização (Atkinson, 1964; Covington, 2000). À luz desta teoria, os estudantes orientados para domínio tendem a elevar seu nível de conhecimento, fortalecer habilidades atuais e desenvolver

novas, saber conteúdos, buscar melhor compreensão (Janke; Nitsche; Dickhäuser, 2015), perseveram ao ter que resolver situações difíceis e orientam-se para metas de aprendizagem (Dweck, 2000).

Hipótese 2 - A orientação para o domínio apresenta-se com maior intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

A Teoria do Valor da Expectativa ajuda a elucidar as condutas dos alunos dentro do ambiente acadêmico (Eccles, 2009), explorando a afinidade entre valores e expectativas dos indivíduos para com seus projetos de estudo (Wigfield et al., 1997).

Hipótese 3 - A valorização apresenta-se com maior intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

A Teoria da Autorregulação refere-se ao cenário no qual o estudante avoca o controle da sua aprendizagem, bem como das estratégias necessárias para tal (Yot-Domínguez; Marcelo, 2017). É possível afirmar que o processo de aprender de forma autorregulada abrange a cognição, o autocontrole ativo, o comportamento, as emoções por meio de estratégias pessoais em busca dos objetivos definidos pelos estudantes (Panadero; Alonso-Tapia, 2014; Yot-Domínguez; Marcelo, 2017).

Hipótese 4 - A persistência nos estudos apresenta-se com maior intensidade no engajamento dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

Hipótese 5 - O planejamento apresenta-se com maior intensidade no engajamento dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

Hipótese 6 - A boa gestão nos estudos apresenta-se com maior intensidade no engajamento dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

A Teoria da Autoestima trata da auto aceitação como elevada necessidade humana (Beery, 1975; Covington, 1992). No ambiente escolar, onde as pessoas são marcadas por sua competência em realizar, pode haver o estímulo de sentimentos como constrangimento e humilhação. A valorização pessoal ao lutar contra tais sensações, faz com que o aluno desenvolva estratégias que combatem, entre outras coisas, a ansiedade (De Castella; Byrne; Covington, 2013; Sun; Syu; Lin, 2017). Nesse aspecto, o Medo do Fracasso funciona como um agente desagregados e levar a estratégias de evitação e auto capacidade (McClelland, 1987).

Hipótese 7 - A ansiedade apresenta-se com menor intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

Hipótese 8 - O medo do fracasso apresenta-se com menor intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

Hipótese 9 - O controle do incerto apresenta-se com menor intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

No mundo acadêmico, o medo do fracasso leva os estudantes a uma estratégia de autoproteção, onde comportam-se de forma autossabotadora: criando empecilhos (existentes ou não) que limitam seu desempenho (Ommundsen, 2001; Urdan, 2004), ou fugindo de qualquer responsabilização (Ferradás; Freire; Núñez, 2017), e podem levá-lo ao desengajamento (Jang; Kim; Reeve, 2016).

Hipótese 10 - A autossabotagem apresenta-se com menor intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

Hipótese 11 - O desengajamento apresenta-se com menor intensidade na motivação dos indivíduos em relação à educação a distância no ambiente corporativo.

3. Método de Pesquisa

Este é um estudo de abordagem quantitativa de cunho objetivista (Alvenson, 2003; Brayman, 2012; Cunliffe, 2010; Qu, Dumay, 2011), classificado quanto aos meios como *survey* (Babbie, 2001; Fink, 2017; Fowley jr, 2011). A população é o grupo de 417 trabalhadores da *Orange Business Services* Brasil Ltda. A amostra não probabilística, por conveniência, é composta por 160 respondentes, sendo suficiente conforme (Kline, 2016).

Os dados foram coletados através de questionário elaborado por Martin (2019), com respostas em escala *likert* de 7 pontos, estruturada como 1 discordo fortemente e 7 concordo fortemente (Petrosko; Alagaraja, 2017), e adaptado para o ambiente corporativo. Foi inserido na ferramenta "formulários do *Google*" (formato eletrônico) e o *link* enviado por *e-mail* aos colaboradores da empresa. A pesquisa foi composta de 45 afirmativas, onde a primeira visava identificar se os respondentes participaram de treinamentos da empresa no modelo a distância. As afirmativas 2 até 45 tratam do modelo MES-UC de Martin (2019), sendo 4 afirmativas para cada uma das 11 facetas da motivação e engajamento previstas no método.

A análise dos resultados foi realizada tendo como base metodológica a pesquisa original de Martin (2019), por meio de médias descritivas e matriz de correlação, visto que seus construtos já possuem validade e confiabilidade testadas em outros contextos, além dos testes feitos nesse artigo por meio do Alpha de Conbrach (1951) que indica a validade da escala e o AVE para a validade convergente. Os resultados foram apresentados na tabela 1, na próxima seção, e mostram a estatística descritiva as cargas de fatores CFA encontradas na pesquisa original e calculadas nesta pesquisa (Bido; Silva, 2019; Hair et al, 2010; Hancock; Stapleton; Mueller, 2019).

Há dois métodos descritos na pesquisa, e escolhemos o método 2, o mesmo utilizado por Cardoso (2017) e Santos (2019). Neste caso somou-se o resultado das 4 afirmativas da respectiva faceta, multiplicando-se o resultado por 3,575, e arredondando para o número inteiro mais próximo. Então, este escore foi comparado à média do escore desta dimensão, de acordo com o apresentado na tabela 1. Para os seis fatores positivos, quanto maior melhor o resultado. Já para os cinco fatores negativos, quanto menor melhor o resultado. Os resultados encontrados foram comparados com a tabela 1, referência do estudo de Martin (2019), para confirmar ou não as hipóteses.

4. Resultados e Discussões

O questionário foi aplicado entre os dias 22 de outubro de 2019 e 9 de novembro de 2019 e distribuído para 417 colaboradores, sendo respondido por 160 deles. Todas as linhas de respostas da planilha estavam completas - foi utilizado recurso que não possibilitava o envio com questões não respondidas. A grande participação dos funcionários em treinamentos oferecido na modalidade a distância fica evidente quando dos 160

respondentes, apenas 2 declararam não ter participado de pelo menos um treinamento a distância. Considerando 158 respondentes, a tabela 1 a seguir, mostra os dados obtidos por meio dos testes aplicados (Hair et al. 2010).

	Martin (2019)				Autor Artigo				Outros Autores	
	Média (%) *	Desvio Padrão	Alphas de Cronbach	Cargas de Fatores CFA	AUTOR *	Cargas de Fatores CFA Padronizada-Autor	AVE - CARGA FATORIAL - CF	Resultado das Hipóteses- Conforme critério Martin(2019)	SANTOS 2019*	CARDOSO 2017*
Motivação Positiva										
Autoeficácia	81	12	0.71	0.54-0.71 (0.62)	0.83	0.538-0.714	AVE = 0.409 CF = 0.733	H1: Confirmada	0.85	0.85
Orientação para o domínio	87	11	0.82	0.63-0.82 (0.73)	0.89	0.743-0.944	AVE = 0.656 CF = 0.883	H2: Confirmada	0.93	0.91
Valor da escola	84	11	0.70	0.49-0.70 (0.61)	0.92	0.573-0.765	AVE = 0.404 CF = 0.727	H3: Confirmada	0.9	0.89
Cargas fatoriais CFA da ordem superior: 0.75-0.89; Média = 80					AVE = 0.615 CC = 0.826					
Engajamento Positivo										
Persistência	73	13	0.75	0.59-0.75 (0.66)	0.79	0.546-0711	AVE = 0.372 CF = 0.698	H4: Confirmada	0.77	0.78
Planejamento	63	16	0.73	0.33-0.91 (0.66)	0.64	0.701-0.876	AVE = 0.627 CF = 0.870	H5: Não- confirmada	0.71	0.69
Gestão dos estudos	73	17	0.82	0.62-0.87 (0.74)	0.78	0.626-0.884	AVE = 0.570 CF = 0.839	H6: Confirmada	0.83	0.82
Cargas fatoriais CFA da ordem superior: 0.50-0.90; Média = 74					AVE = 0.649 CC = 0.846					
Motivação Negativa										
Ansiedade	69	18	0.78	0.55-0.82 (0.69)	0.66	0.255-0.629	AVE = 0.303 CF = 0.613	H7: Não- confirmada	0.75	0.75
Medo do fracasso	44	20	0.85	0.71-0.83 (0.77)	0.4	0.829-0.882	AVE = 0.729 CF = 0.915	H8: Confirmada	0.4	0.4
Controle do incerto	51	18	0.80	0.62-0.82 (0.72)	0.53	0.381-0.838	AVE = 0.42 CF = 0.723	H9: Confirmada	0.46	0.43
Cargas fatoriais CFA da ordem superior: 0.51-0.74; Média = 65					AVE = 0.579 CC = 0.800					
Engajamento Negativo										
Autossabotagem	43	20	0.87	0.72-0.84 (0.79)	0.27	0.517-0.825	AVE = 0.445 CF = 0.755	H10: Confirmada	0.59	0.61
Desengajamento	40	15	0.72	0.50-0.79 (0.65)	0.26	0.562-0.913	AVE = 0.522 CF = 0.788	H11: Confirmada	0.35	0.32
Cargas fatoriais CFA da ordem superior: 0.64-0.80; Média = 72					AVE = 0.595 CC = 0.746					

*** OBS. 1** - O critério para a confirmação da hipótese é: para os 6 construtos que formam os dois contrutos de ordem superior com viés positivo, o valor de corte é percentual acima de 0.75 (75%), sendo que quanto maior melhor. Para os 5 construtos que formam os dois construtos da ordem superior com viés negativo, o valor de corte é que fique abaixo de 0.75 (75%).
OBS. 2 - Todas as cargas apresentaram p< 0.05 ou seja 5%

Tabela 1 – Planilha completa com todos os dados de Martin do autor, além dos resultados obtidos por Santos (2019) e Cardoso (2017)

A escala MES-UC apresentou os seguintes índices de ajustamento global, χ^2 de 1.621,55, df (degree fredom) de 847 e χ^2/df foi de 1,914, considerado excelente já que para o índice χ^2/df ser válido é necessário que esteja abaixo de 5, sendo até 2 excelente, de 2 a 3 bom e de 3 a 5 aceitável. Se esse índice estiver acima de 5 o modelo deve ser rejeitado (Bentler; Bonnet, 1980; Tabachnik; Fidell, 2013), indicando que a escala tem validade para medir os construtos apresentados no ambiente corporativo. O índice CFI da escala atingiu o valor de 0.801, não sendo o ideal, que deve ser superior a 0.9, mas dentro de uma razoabilidade que garante a validade da escala (Bentler, 1990). O índice RMSEA foi de 0.076 abaixo do 0.8 indicado por Hair et al. (2010).

Na análise descritiva da escala MES-UC, os construtos inferiores que formam os construtos superiores de Motivação Positiva e Engajamento Positivo são fatores positivos e devem ter seus percentuais acima do limiar de 75% para terem impacto positivo na motivação, e quanto mais elevados melhor. Já os construtos inferiores que formam os construtos superiores Motivação Negativa e Engajamento Negativo são fatores negativos e devem ter seus percentuais abaixo de 65% para terem o mínimo de impacto sobre a motivação, sendo que quanto menor seu valor maior é a motivação (Martin, 2019).

Uma comparação entre os valores apresentados por Martin (2019) e os valores obtidos nessa pesquisa indicam que a maioria dos construtos ficaram com valores dentro do esperado, confirmando as hipóteses testadas. As exceções ficaram no construto Planejamento, com um percentual de 64%, indicando que este estava abaixo da linha de corte, não podendo ser confirmado, e no construto Ansiedade, dentro dos construtos superiores com viés negativo, ficando acima do percentual de corte, impedindo sua confirmação como construto válido. Essa constatação indica que esses construtos estão impactando negativamente a motivação e o engajamento dos colaboradores no quesito

educação a distância, mediada por dispositivos de tecnologia. Para os gestores que lidam com o planejamento da ações voltadas para o oferecimento do EAD nas empresas, um bom planejamento pode aumentar essa percepção e garantir melhor motivação nos colaboradores (Panadero; Alonso-Tapia, 2014; Yot-Domínguez; Marcelo, 2017). Além disso, a própria falta de planejamento e a cobrança advinda do peso impactam no construto Ansiedade, que pode provocar problemas de engajamento por aumentar a carga psicológica da pressão e de um hipotético fracasso por meio de estratégias de evitação e auto capacidade diminuída (McClelland, 1987).

Os resultados encontrados mostram similaridade na comparação dos fatores de motivação e engajamento não só com Martin (2019), mas também com Cardoso (2017) e Santos (2019), pesquisas realizadas no Brasil. Foram observados escores mais altos para o grupo positivo da motivação e engajamento e escores menores para o grupo negativo, indicando que a motivação e o engajamento no ensino EAD no ambiente corporativo é mais intenso que em outros ambientes de aprendizagem (Ferreira; Valério; Souza, 2010).

Os construtos Orientação para o Domínio com 89% e Valor da Escola com 92% atingiram os maiores percentuais indicado que os respondentes consideram seu papel na aprendizagem EAD corporativa importantes para a motivação e o engajamento (Atkinson, 1964; Covington, 2000; Janke; Nitsche; Dickhäuser, 2015), e que essa modalidade oferecida, proporciona-lhes uma forma viável de aprendizagem, considerando ela importante para o seu desenvolvimento no ambiente corporativo (Eccles, 2009; Wigfield et al., 1997). Os construtos Autossabotagem com 27% e Desengajamento com 26% forma os que apresentaram melhor avaliação nos quesitos negativos, pois tiverem os menores percentuais, quase não impactando a motivação demonstrando que os colaboradores encaram o desenvolvimento de seus conhecimentos como algo importante se engajando nesse desenvolvimento (Ommundsen, 2001; Urdan, 2004), e não fugindo de qualquer responsabilização frente aos desafios (Ferradás; Freire; Núñez, 2017; Jang; Kim; Reeve, 2016).

A tabela 2 apresenta a correlação de Pearson entre os onze construtos do modelo MES-UC, o mesmo utilizado por Martin (2019) e as demais pesquisas realizadas no Brasil. Seus resultados mostram similaridade.

	Autoeficácia	Valor da escola	Orientação para o domínio	Planejamento	Gestão dos estudos	Persistência	Ansiedade	Medo do fracasso	Controle do incerto	Autossabotagem	Desengajamento
Autoeficácia	1,00										
Valor da escola	0,66	1,00									
Orientação para o domínio	0,69	0,65	1,00								
Planejamento	0,53	0,35	0,44	1,00							
Gestão dos estudos	0,54	0,42	0,43	0,71	1,00						
Persistência	0,74	0,55	0,75	0,60	0,56	1,00					
Ansiedade	0,05	-0,02	0,11	0,08	0,06	-0,06	1,00				
Medo do fracasso	-0,03	-0,17	-0,13	-0,04	-0,09	-0,12	0,46	1,00			
Controle do incerto	0,05	-0,07	-0,00	-0,04	-0,06	-0,05	0,63	0,63	1,00		
Autossabotagem	-0,00	-0,16	-0,12	-0,00	0,03	0,08	0,17	0,37	0,36	1,00	
Desengajamento	-0,40	-0,49	-0,40	-0,33	-0,31	-0,36	0,23	0,31	0,38	0,44	1,00

Tabela 2 – Correlação entre construtos

De acordo com a teoria, os construtos autoeficácia e persistência mostram alto grau de correlação (Schunk, 1995; Schunk; Meece, 2006; Silva et al., 2014), o que foi validado neste estudo (0,74). Já em Martin (2019), obteve correlação moderada (0,64); Cardoso

(2017), correlação baixa (0,38) e Santos (2019), baixa correlação (0,33). Isso indica que um colaborador Persistente tende a ter um desempenho superior, convergindo para maior autoeficácia em ambientes de ensino EAD, onde o aluno precisa ter maior independência e considerar a presença do professor como elemento secundário (Viera et AL., 2019). Outro destaque está para a alta correlação entre orientação para o domínio e a persistência (0.75), correlação que nos outros estudos se apresentou muito inferior (Martin, (2019) 0,48, Cardoso (2017) 0,17 e Santos (2019) 0,42) indicando que no ambiente corporativo ser orientado para a realização e a persistência no alcance dos objetivos estão intimamente ligadas no alcance da motivação e do engajamento necessários para um bom desempenho. Essa orientação pode estar ligada ao fato dos colaboradores encararem esse aprendizado como uma obrigação na busca de manutenção e crescimento dentro de seus ambientes de trabalho (Panadero; Alonso-Tapia, 2014; Pintrich, 1995; Yot-Domínguez; Marcelo, 2017). Além dessas observações, os pares planejamento x gestão dos estudos, planejamento x persistência e gestão dos estudos x persistência apresentaram correlação elevada (0,71) e moderada (0,60), (0,56) respectivamente. Essas correlações concretizam a ideia teórica deste tripé que no caminho do esforço de aprender, ter sucesso e estabelecer objetivos, os estudantes incluem estratégias de auto-observação, auto monitoramento e autogravação (Yot-Domínguez; Marcelo, 2017).

5. Considerações Finais

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a intensidade dos principais fatores que influenciam a motivação e o engajamento no processo de aprendizagem no ambiente de educação corporativa a distância, à luz do modelo de MES-US de Martin (2019). Os dados demonstraram que a maioria dos construtos estão acima da linha de corte, no caso dos construtos com impacto positivo na motivação e engajamento e abaixo da linha de corte, no caso dos construtos com impacto negativo na motivação e no engajamento. As exceções ficaram por conta do Planejamento (64%) nos construtos positivos e da Ansiedade (66%) nos construtos negativos. Esse resultado responde a nossa questão de pesquisa, pois demonstra que houve intensidade de impacto, e que essa intensidade é grande o suficiente para influenciar a motivação e o engajamento no processo de aprendizagem mediada por tecnologias da Informação (EAD) no ambiente corporativo.

Planejamento, tanto da empresa, quanto do colaborador podem ser um componente crítico nesse processo e deve ser olhado de forma mais abrangente, considerando todos os pontos e buscando o desenvolvimento de um programa mais bem estruturado de ambas as partes. Quanto a Ansiedade dentro do processo de aprendizagem, ela pode estar surgindo por diversos motivos, sendo o próprio planejamento um desse motivos. Outros motivos podem ser o excesso de tarefas, argumentado na introdução como um dos motivos para a migração para o EAD (Noe; Clarke; Klein, 2014), além de problemas ligados a satisfação com o trabalho, ou problemas pessoais não ligados diretamente ao trabalho.

Este estudo dedicou-se a trazer como contribuição teórica aplicar e comparar os resultados da escala MES-UC no ambiente acadêmico com o ambiente corporativo no ensino mediado por tecnologias da Informação, propondo-se a abrir portas para introduzir uma ferramenta que permita às organizações melhorar seus planejamentos

e desenvolverem suas políticas de treinamento – já que, na literatura estudada, não foi encontrado ferramenta semelhante.

Como contribuição prática, trouxe uma melhor compreensão dos fatores de motivação e engajamento dos indivíduos, fazendo com que as organizações possam alocar seus recursos (tempo, dinheiro etc.) de forma mais estratégica (Penrose, 1997), maximizando seus resultados, bem como ajudando os gestores a adequarem as ações de treinamento, customizando planos de ação e melhorando a capacitação das pessoas na organização.

O presente trabalho reflete algumas limitações. A pesquisa foi realizada em uma única organização, de um único setor econômico, o que não permite generalizações. Ademais, a literatura estudada não apresentou estudos qualitativos, que podem ajudar na compreensão dos porquês por trás de cada resposta. O questionário foi distribuído através de *link* da ferramenta *Google* formulários, não havendo como controlar se todos que respondentes eram mesmo funcionários da empresa pesquisada. Este é um primeiro trabalho que adapta o modelo de Martin (2019) ao ambiente corporativo, consequentemente tendo uma amostra restrita em quantidade.

Sugere-se que estudos futuros considerem as limitações deste trabalho. Entre outras vertentes de análise, há espaço para uma pesquisa bibliográfica com uma janela de tempo significativa, para garantir que realmente não há uma escala similar que mensure os fatores de motivação e engajamento no ambiente corporativo.

Referências

Abbad, G.; Zerbini, T.; Souza, D. B. L. (2010) Panorama das pesquisas em educação a distância no Brasil. *Estudos de Psicologia*, v. 15 (3), p. 291–298.

Alvenson, M. (2003) Beyond neopositivists, romantics, an localists: a reflexive approach to interviews in organizational research. *Academy of Management Review*, 28(1), pp. 13- 33.

Atkinson, J. W. (1957) Motivational determinants of risk-taking. *Psychological Review*, v. 64, p. 359–372.

Atkinson, J. W. (1964) *An introduction to motivation*. Princeton, NJ: Van Nostrand, 1964.

Babbie, E. (2001) *Métodos de Pesquisas de Survey*. Belo Horizonte, MG: Ed. UFMG.

Bacca, Jorge; Baldiris, S.; Fabregat, R.; Kinshuk, (2018) Insights into the factors influencing student motivation in augmented reality learning experiences in vocational education and training. *Frontiers in psychology*, v. 9, p. 1486.

Bandura, A. (1987) *Pensamiento y acción*. Barcelona: Martínez Roca.

Bandura, A. (1997) *Self-efficacy:* The exercise of control. New York, NY:Freeman Co.

Beery, R. G. (1975) Special Feature: Fear of Failure in the Student Experience. *The Personnel and Guidance Journal*, v. 54 (4), p. 191–203, dez.

Bentler, P. M. (1990) Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, v. 107 (2), p. 238-246.

Bentler, P. M. & Bonett, D. G. (1980) Significance test and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, 88(3), 588-606.

Bido, D. S.; Silva, D. (2019) Teaching and Research Resources and Techniques - SMARTPLS 3: Specification, estimation, evaluation and reporting. Administration: *Teaching and Research*, 20(2), 488-536.

Bryman, A. (2012) *Social Research methods*. 4 ed, New York: Oxford University Press.

Cardoso, R. (2017) *Motivação e engajamento dos estudantes de administração:* análise e aplicação da escala de motivação e engajamento com graduandos de uma instituição de ensino superior do estado do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado em administração e desenvolvimento empresarial, Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro.

Covington, M. V. (1992) *Making the grade:* A self-worth perspective on motivation and school reform. Cambridge: Cambridge University Press.

Covington, M. V. (2000) Goal theory, motivation, and school achievement: An integrative review. *Annual Review of Psychology*, v. 51, p. 171–200.

Conbach, L. J. (1951) Coefficient Alpha and the Internal Structure os Tests. Psychmetrika, v. 16 (3), p. 297-334.

Crook, T. R.; Todd, S. Y.; Combs, J. G.; Woehr, D. J.; Ketchen Jr, D. (2011) Does Human Capital Matter? A Meta-Analysis of the Relationship Between Human Capital and Firm Performance. *Journal of Applied Physiology*, v. 96 (3), p. 443–456.

Cunliffe, A. L. (2010) Crafting Qualitative Research: Morgan and Smircich 30 Years On. Organization Research Methods, 000(00), pp.1-27.

De Castella, K.; Byrne, D.; Covington, M. (2013) Unmotivated or motivated to fail? A cross-cultural study of achievement motivation, fear of failure, and student disengagement. *Journal of Educational Psychology*, v. 105 (3), p. 861–880.

Dweck, C. S. (2000) *Self-theories:* Their role in motivation, personality, and development. Philadelphia, PA: Psychology Press.

Eboli, M. et al. (2010) *Educação Corporativa:* fundamentos, evolução e implantação de projetos. São Paulo, SP: Atlas.

Eccles, J. S. (2009) Who am I and what am I going to do with my life? Personal and collective identities as motivators of action. *Educational Psychologist*, v. 44, p. 78–89.

Ferradás, M. Del M.; Freire, C.; Núñez, J. C. (2017) Self-protection profiles of worth and academic goals in university students. *European Journal of Psychology of Education*, v. 32 (4), p. 669–686, 20 out.

Ferreira, A.; Valério, J. N. DA S.; Souza, G. C. (2010) A educação a distância nas organizações: a percepção sobre o e-learning em uma grande empresa nacional. *EAD em FOCO*, v. 1(1), p. 145–158, 15 abr.

Fink, A. (2017) H*ow to conduct surveys:* A Step-by-step guide. 6ª ed. California, CA: SAGE Publications.

Fowley JR, F. J. (2011) *Pesquisa de Levantamento*. 4ª ed. Porto Alegre, RS: Penso.

Geitz, G.; Brinke, D. J. Ten; Kirschner, P. A. (2016) Changing learning behaviour: Self-efficacy and goal orientation in PBL groups in higher education. *International Journal of Educational Research*, v. 75, p. 146–158.

Hair Jr., J. F., Black, W. C., Babin, B. J. & Anderson, R. E. (2010) Multivariate Data Analysis. 7ª ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Hancock, G. R.; Stapleton, L. M.; Mueller, R. O. (2019) The reviewer's guide to Quantitative Methods in the Social Sciences. 2ª ed., New York/ Routledge

Jang, H.; Kim, E. J.; Reeve, J. (2016) Why students become more engaged or more disengaged during the semester: A self-determination theory dual-process model. *Learning and Instruction*, v. 43, p. 27–38.

Janke, S.; Nitsche, S.; Dickhäuser, O. (2015) The role of perceived need satisfaction at work for teachers' work-related learning goal orientation. *Teaching and Teacher Education*, v. 47, p. 184–194.

Kader, A. A. (2016) Debilitating and facilitating test anxiety and student motivation and achievement in principles of microeconomics. *International review of economics education,* v. 23 (1), p. 40–46.

Klein, H. J.; Noe, R. A.; Wang, C. (2006) Motivation to learn and course outcomes: The impact of delivery mode, learning goal orientation, and perceived barriers and enablers. *Personnel Psychology*, v. 59, p. 665–702.

Kline, R. B. (2016) Principles and Practice of Structural Equation Modeling, 4ª ed., NY: Guilford.

Latham, G. P.; Pinder, C. C. (2005) Work Motivation Theory and Research at the Dawn of the Twenty-First Century. *Annual Review of Psychology*, v. 56 (1), p. 485–516.

Liem, G. A. D.; Martin, A. J. (2012) The Motivation and Engagement Scale: Theoretical Framework, Psychometric Properties, and Applied Yields. *Australian Psychologist*, v. 47 (1), p. 3–13, mar.

Martin, A. J. (2001) The Student Motivation Scale: A tool for measuring and enhancing motivation. *Australian Journal of Guidance and Counselling*, v. 11, p. 1–20.

Martin, A. J. (2002) Motivation and academic resilience: Developing a model of student enhancement. *Australian Journal of Education*, v. 14, p. 34–49.

Martin, A. J. (2003) *How to motivate your child for school and beyond*. Sydney, SD: Bantam.

Martin, A. J. (2005) *How to help your child fly through life:* The 20 big issues. Sydiney, SD: Bantam.

Martin, A. J. (2007) Examining a multidimensional model of student motivation and engagement using a construct validation approach. *British Journal of Educational Psychology*, v. 77 (2), p. 413–440.

Martin, A. J. (2009) Motivation and Engagement Across the Academic Life Span. *Educational and Psychological Measurement*, v. 69 (5), p. 794–824, 16 out.

Martin, A. J. (2019) *The Motivation and Engagement Workbook*. 19. ed. Sydney, Australia: Lifelong Achievement Group (www.lifelongachievement.com).

Martin, A. J.; Ginns, P.; Papworth, B. (2017) Motivation and engagement: Same or different? *Learning and Individual Differences*, v. 55, p. 150–162.

Martin, A. J.; Marsh, H. W. (2003) Fear of failure: Friend or foe? *Australian Psychologist*, v. 38 (1), p. 31–38.

Mcclelland, D. C. (1987) *Human motivation*. New York/Cambridge University Press.

Moore, M.; Kearsley, G. (1996) *Distance education:* a systems view of online learning. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co., 1996.

Noe, R. A. (1986) Trainee attributes and attitudes: Neglected in- fluences on training effectiveness. *Academy of Management Review*, v. 11, p. 736–749.

Noe, R. A.; Clarke, A. D. M.; Klein, H. J. (2014) Learning in the Twenty-First-Century Workplace. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, v. 1 (1), p. 245–275, 21 mar.

Noe, R. A.; Schmitt, N. (1986) The influence of trainee attitudes on training effectiveness: Test of a model. *Personnel Psychology*, v. 39, p. 497–523.

Ommundsen, Y. (2001) Self-handicapping strategies in physical education classes: the influence of implicit theories of the nature of ability and achievement goal orientations. *Psychology of Sport and Exercise*, v. 2 (3), p. 139–156, jul.

Panadero, E.; ALonso-Tapia, J. (2014) How do students self-regulate ? Review of Zimmerman ' s cyclical model of self-regulated learning of self-regulated learning. *Anales de Psicologia*, v. 30 (2), p. 450–462.

Pellas, N. (2014) The influence of computer self-efficacy, metacognitive self-regulation and self-esteem on student engagement in online learning programs: Evidence from the virtual world of Second Life. *Computers in Human Behavior*, v. 35, p. 157–170.

Penrose, E. (1997) The theory of the growth of the firm. In: FOSS, N. J. Resources, firms, and strategies: a reader in the resource-based perspective. Oxford: Oxford University Press.

Peters, M. A. (2017) Technological unemployment: Educating for the fourth industrial revolution. *Educational Philosophy and Theory*, v. 49 (1), p. 1–6.

Petrosko, J. M.; Alagaraja, M. (2017) Research suggestions for management, spirituality, religion. *Management Research Review*, v40 (8).

Qu, S. Q.; Dumay, J. (2011) "The qualitative research interview", Q*ualitative Research in Accounting & Management*, 8 (3), pp.238-264,

Rodríguez, S.; Nùnez, J. C.; Valle, A.; Freire, C.; Ferradás, M. del M.; Lorente, C. R. (2019) Relationship Between Students' Prior Academic Achievement and Homework Behavioral Engagement: The Mediating/Moderating Role of Learning Motivation. *Frontiers in Psychology*, v. 10 (May), p. 1–10.

Ryan, R. M.; Deci, E. L. (2000a) Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, v. 25 (6C), p. 54–67.

Ryan, R. M.; Deci, E. L. (2000b) Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, v. 55, p. 68–78.

Salas, E.; Tannenbaum, S. I.; Kraiger, K.; Smith-Jentsch, K. A. (2012) The Science of Training and Development in Organizations. *Psychological Science in the Public Interest*, v. 13(2), p. 74–101, 12 jun.

Schunk, D. H. (1995) Self-efficacy and education and instruction. In: *Self-efficacy, adaptation, and adjustment*. New Jersey, NJ: Plenum Press.

Schunk, D. H.; Meece, J. L. (2006)Self-efficacy development in adolescence. *Self-efficacy beliefs of adolescents*, v. 5 (1), p. 71–96.

Schunk, D. H.; Pintrich, P. R.; Meece, J. L. (2008) *Motivation in education*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.

Shekarey, A.; Moghadam, A. J.; Amiri, F.; Rostami, M. S. (2010) The relation of self-efficacy and hardiness with the education progression among the sophomore girl students in a high school in Aleshtar city. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 5, p. 1905–1910.

Silva, J.; Beltrame, T. S.; Viana, M. S.; Capistrano, R.; Oliveira, A. V. P. (2014) Auto eficácia e desempenho escolar de alunos do ensino fundamental. *Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional*, v. 18 (3), p. 411–420.

Skinner, E. A. et al. (2009) Engagement and Disaffection as Organizational Constructs in the Dynamics of Motivational Development. *Handbook of motivation at school*, p. 223–245.

Stock, T.; Selinger, G. (2016) Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, v. 40, n. Icc, p. 536–541.

Sun, J. C. Y.; Syu, Y. R.; Lin, Y. Y. (2017) Effects of conformity and learning anxiety on intrinsic and extrinsic motivation: the case of Facebook course groups. *Universal Access in the Information Society*, n. 16, p. 273–288.

Tabachnick, B.G.; Fidell, L.S. (2013) Using Multivariate Statistics, 6ª ed., New York, NY: Pearson.

Urdan, T. (2004) Predictors of academic self-handicapping and achievement: examining achievement goals, classroom goal structures, and culture. *Journal of Educational Psychology*, v. 96 (2), p. 251–264.

Vieira, P. R. C.; Raguenet, I. T.; Oriol, E. C.; Dias, H. R. (2020) Quality of Teaching, Corporate Image and Satisfaction of Students Enrolled In the Night Session of a Brazilian Private University: A Study with Structural Equation Modeling. European Journal of Scientific Research, 156(3), pp. 315-326.

Wang, M. T. (2012) Educational and career interests in math: A longitudinal examination of the links between perceived classroom environment, motivational beliefs, and interests. *Developmental Psychology*, v. 48, p. 1643–1657.

Weiner, B. (1994) Integrating social and personal theories of achievement striving. *Review of Educational Research*, v. 64, p. 557–573.

Wigfield, A. et al. (1997) Change in children's competence beliefs and subjec- tive task values across the elementary school years: A 3-year study. *Journal of Educational Psychology*, v. 89 (3), p. 451–470.

Wigfield, A.; Eccles. (2000) Expectancy-value theory of motivation. *Educational Psychology*, v. 25, p. 68–81.

Yot-Domínguez, C.; Marcelo, C. (2017) University students' self-regulated learning using digital technologies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 14, n. 1.

Zimmerman, B. J. (2000) Self-Efficacy: An Essential Motive to Learn. *Contemporary Educational Psychology*, v. 25 (1), p. 82–91, jan.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/09/2020
Aceitação/Acceptance: 27/11/2020

Ciclo Autonómico de Análisis de Datos aplicado en la Planificación Académica de instituciones educativas

Stiven Hurtado[1], Cristian Suaza[1], Jose Aguilar[1,2] Elizabeth Suescún[1]

shurtad5@eafit.edu.co; csuazaca@eafit.edu.co; aguilar@ula.ve; esuescu1@eafit.edu.co

[1] GIDITIC, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.

[2] CEMISID, Faculta de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Pages: 193-206

Resumen: Este trabajo describe el uso de la analítica de datos para planificar cursos docentes en los periodos académicos de una institución educativa. Básicamente, se propone un sistema de planificación de cursos académicos basado en el concepto de "ciclos autónomos de tareas de análisis de datos", las cuales analizan el comportamiento histórico de las demandas estudiantiles y de los cursos, con el objetivo de planificar el siguiente año académico, considerando las restricciones sobre las capacidades de los cursos y profesores disponibles. Para el desarrollo del sistema se usó la metodología MIDANO, la cual establece tres pasos para desarrollar ciclos autónomos de tareas de análisis de datos: especificación de sus objetivos y tareas; preparación de los datos; y desarrollo, integración y prueba de las tareas. El sistema fue instanciado en una Universidad, por lo cual se desarrollaron varias tareas de análisis de datos académicos usando técnicas de aprendizaje automático, obteniéndose resultados prometedores.

Palabras-clave: Analítica de Datos; Ciclos autónomos de análisis de datos; Inteligencia Artificial; Planificación Académica.

Autonomous Cycle of Data Analysis applied in the Academic Planning of educational institutions

Abstract: This work describes the use of data analytics to plan teaching courses in the academic periods of an educational institution. Basically, an academic course planning system is proposed based on the concept of "autonomous cycles of data analysis tasks", which analyze the historical behavior of student demands and courses, with the aim of planning the following year academic, considering the restrictions on the capacities of the courses and available professors. For the development of the system, the MIDANO methodology was used, which establishes three steps to develop autonomous cycles of data analysis tasks: specification of their objectives and tasks; data preparation; and development, integration and testing of tasks. The system was instantiated in a University, for which several academic data analysis tasks were developed using machine learning techniques, obtaining promising results.

Keywords: Data Analytics, Autonomous cycles of data analysis Artificial Intelligence; Academic Planning.

1. Introducción

La analítica de datos (AdD o Data Analíticas) explota grandes conjuntos de datos e información, usando técnicas estadísticas y de aprendizaje automático, entre otras, con el fin de generar conocimiento útil para las organizaciones. La AdD viene siendo utilizada en muchos contextos, y quizás donde más se ha expandido su uso es en el comercio electrónico y en el ámbito financiero. Por otro lado, en las instituciones de educación superior se han venido introduciendo su uso para realizar diferentes tareas de análisis.

Particularmente, en (West, 2012; Sánchez, 2016) se examina el potencial del análisis de datos para extraer información del proceso de aprendizaje y del desempeño del estudiante. También, en (Aguilar et al., 2018[a]; Aguilar et al., 2018[b]; Clow, 2013; Olivero, 2019) se presentan propuestas del uso de la analítica de aprendizaje para mejorar los procesos de enseñanza–aprendizaje en los salones de clases, o en (Aguilar et al., 2019; Vanthienen y De Witte, 2017) se analiza como la información de un estudiante en el mundo virtual se puede rastrear, analizar y utilizar, para evaluar el desempeño del estudiante y del profesor. Pero la AdD no solo se ha usado en ese ámbito educativo, por ejemplo, también ha sido usada para definir las políticas de financiamiento institucional (Clow, 2013), o en el ámbito académico, para generar planes de estudio y mejorar los cursos (Méndez et al., 2014, Kwon, 2013). Así, son muchísimos los ámbitos actuales de aplicación de la AdD en la educación superior.

Específicamente, los "modelos de conocimiento" generados a partir del análisis de los datos son de gran ayuda en los procesos de toma de decisión académica. La información sobre los profesores, estudiantes, entre otras cosas, permiten tomar decisiones inteligentes basadas en los datos. En particular, en este trabajo estamos interesados en evaluar su aporte en la planificación académica. El trabajo describe un modelo de toma de decisiones que apoya a los procesos de planificación de cursos. Para ello, se utiliza el concepto de "ciclos autónomos de análisis de datos", el cual ha sido introducido en (Aguilar et al., 2016; Aguilar et al., 2018[a]; Aguilar et al., 2018[b]; Aguilar et al., 2019), y ha sido aplicado en diferentes ámbitos, como en las ciudades inteligentes (Morales et al., 2020), analítica de aprendizaje, industria 4.0 (López et al. 2019), Telecomunicaciones (Morales et al., 2019), entre otros.

El concepto de "ciclos autónomos de análisis de datos" se basa en el paradigma de Computación Autónoma propuesto por IBM, también conocido como MAPE-K (por sus siglas en inglés) (Vizcarrondo et al., 2017), el cual es un marco conceptual para el modelado y desarrollo de sistemas autoadaptativos y distribuidos. Un sistema basado en este paradigma es capaz de autoorganizarse, autorepararse, autoprotegerse, autooptimizarse, entre otras cosas. Este modelo propone un ciclo compuesto por las siguientes fases: la primera fase, conocida como la fase de monitoreo, recopila y prepara los datos provenientes de los recursos administrados. Luego, en la Fase de Análisis se identifican situaciones complejas y se evalúan situaciones futuras para la Fase de Planificación, en la cual se crea un conjunto de instrucciones para abordar los objetivos del sistema. Finalmente, el conjunto de instrucciones se ejecuta en la fase de ejecución. Los ciclos autónomos de análisis de datos, de manera similar a los ciclos de MAPE-K, permiten el desarrollo de un ciclo inteligente autónomo para lograr el comportamiento deseado, mediante el uso de un conjunto de tareas de análisis de datos, capaces de desempeñarse de forma individual o coordinada. En el ciclo autónomo se definen tres

tipos de tareas: i) Las *Tareas de monitoreo*: son responsables de obtener las variables del proceso a estudiar; ii) Las *Tareas de Análisis del sistema:* son las responsables de la interpretación de lo que sucede en el proceso; iii) Las *Tareas de toma de decisiones*: definen las acciones a ejecutar a efectos de mejorar el proceso.

En esta propuesta, las tareas de análisis interactúan entre sí asumiendo roles específicos en el ciclo, para monitorear y analizar el comportamiento institucional, para después pasar a planificar los periodos académicos, considerando las restricciones de los espacios en las aulas, estudiantes por cursos, y profesores disponibles, entre otras cosas. Este proceso se realiza siguiendo la metodología MIDANO (Pacheco et al., 2014), la cual ha sido seleccionada ya que permite guiar el proceso de diseño y desarrollo de ciclos autónomos de análisis de datos, así como de las tareas de análisis de datos del ciclo. En general, los pasos propuestos en esta metodología son: i) identificar el problema y especificar el ciclo autónomo que lo resuelve, ii) preparar, tratar y modelar los datos requeridos; y finalmente, iii) desarrollar las tareas de análisis de datos del ciclo autónomo.

Particularmente, la contribución principal de este trabajo es proponer un sistema de planificación académica basado en el concepto de "ciclos autónomos de tareas de análisis de datos", las cuales explotan los datos académicos disponibles y consideran las restricciones del contexto para desarrollar un proceso autónomo de planificación académica. El artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección inicial se presentan los trabajos relacionados. A continuación, se presenta la arquitectura del Ciclo Autónomo de Tareas de Análisis de Datos, con la descripción detalladas de las mismas. Seguidamente, se presenta el uso del ciclo en un caso de estudio, en la planeación de cursos de inglés en la Universidad EAFIT[1]. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Trabajos Relacionados

En la actualidad existe un vertiginoso desarrollo de la AdD, con resultados relevantes que demuestran su madurez (Carpineto & Romano, 2004; Popenici et at. 2017). En este contexto, han surgido mecanismos de modelado en torno a la AdD, como es el caso del concepto "Ciclo Autónomo de Tareas de AdD", que permite la organización de las tareas de tal manera de alcanzar ciertos objetivos, bajo un esquema de observación continuo del proceso controlado (Aguilar et al., 2016; Aguilar et al., 2018ª; Aguilar et al., 2018ᵇ; Aguilar et al., 2019). Dicho concepto ha sido aplicado a dominios como la optimización de condiciones ambientales, mejoras de procesos en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje, entre otros (Aguilar et al., 2016; Aguilar et al., 2018ª; Aguilar et al., 2018ᵇ).

Particularmente, en los procesos de enseñanza-aprendizaje se ha identificado una nueva forma de aplicar la AdD, conocida como la analítica de aprendizaje, la cual es el análisis y la representación de datos sobre los alumnos para mejorar el proceso de aprendizaje. De acuerdo a (Clow, 2013), la analítica de aprendizaje permite comprender la educación, para ofrecer nuevas guías para mejorar los procesos de enseñanza. Ese mismo autor señala que esto se puede dar, gracias al aumento en la cantidad de datos sobre los alumnos y sus procesos de enseñanza-aprendizaje. Así, el autor indica que la

[1] http://www.eafit.edu.co

AdD permite medir, recopilar, y analizar información sobre los alumnos y sus contextos, para poder comprender y optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En general, la AdD explota datos cualitativos y cuantitativos de los procesos donde interviene, con el fin de tener un panorama más amplio de los mismos. Por ejemplo, los siguientes trabajos analizan las posibles deserciones en la educación superior (Riofrio et al., 2015; Viloria, 2020), o en (Méndez et al., 2014) se usa para desarrollar más eficientes planes de estudio basados en la estimación de las dificultades de los cursos, las dependencia entre ellos, entre otros aspectos. Otro trabajo interesante es el de (Elbadrawy et al., 2016), donde proponen un método para estimar las calificaciones que se espera que un estudiante obtenga en los cursos que está considerando tomar para el próximo ciclo. Esta información puede ser usada por los profesores y/o aquellos que planean los cursos, de tal manera de hacer ajustes, como por ejemplo, asignar más asistentes de enseñanza. Similar a este trabajo es el método de asesoría propuesto por (Phillips, 2013), que busca optimizar el uso y la eficiencia de las asesorías educativas.

Existen muchos otros trabajos en esta área, ya que es un ámbito con mucho impulso, incorporando nuevos aspectos, como la AdD sociales (Aguilar et al., 2019), o buscando explorar nuevos usos. En el ámbito de este trabajo, que busca desarrollar un sistema de planificación académica, no existen muchos trabajos. El trabajo más cercano es el de (Jewett et al., 1970), en el cual estiman la llamada "matriz de carga de curso inducida", para ayudar a la planificación de cursos en instituciones de educación superior. Ellos buscan con la matriz establecer la necesidad de cursos en un periodo académico, y presentan una aplicación para el Humboldt State College[2], en California. Ahora bien, nuestra propuesta es más concreta, porque termina especificando los cursos a abrir, con la carga de estudiante específica de cada uno, y profesores que la dictarían.

3. Ciclo Autonómico de Análisis de Datos

En esta sección se presenta el ciclo autónomo de análisis de datos para el sistema de planificación académica (ver Figura 1).

Para el desarrollo de este ciclo autónomo se usó la metodología MIDANO (Pacheco et al., 2014). Por ello, se pasó por sus fases: primero se especificó el ciclo autónomo para realizar la planificación académica de cursos para un nuevo periodo escolar, y se identificaron las fuentes de información. Posteriormente, se analizaron las bases de datos académicas, y se realizó el modelo de datos multidimensional requerido por el ciclo. Siguiendo la metodología MIDANO, se procedió con la implementación del ciclo autónomo, donde se tienen 3 tipos de tareas. (i) Las tareas de monitoreo extraen toda la información de los procesos educativos de manera automática; (ii) Las tareas de análisis comprenden el patrón de comportamiento de los cursos y de los estudiantes; (iii) Por último, a partir de esa información, y con las restricciones del contexto (número de alumnos por curso, profesores disponibles, etc.), la última tarea diseña un patrón de programación académica, que responde al objetivo del ciclo: ¿qué y cuántos cursos se deben abrir? Las salidas de las tareas de Monitoreo son las entradas a las de análisis, y a su vez, las de análisis son las entradas a las de toma de decisión sobre la planificación académica. A continuación se describen.

[2] https://extended.humboldt.edu

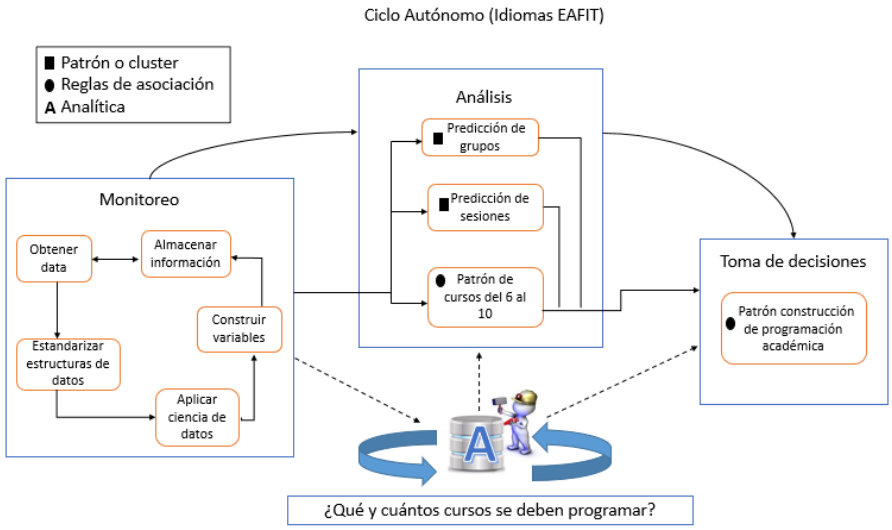


Figura 1 – Ciclo autónomo de tareas para la planificación académica

1. **Tarea de AdD: monitoreo del proceso**
   Descripción: esta tarea busca obtener y preparar los datos vinculados al objetivo del ciclo autónomo. Específicamente, son extraídos desde las bases de datos con información de los estudiantes y de los cursos.
   Fuente de Datos: bases de datos académicas.
   Tipo tarea analítica de datos: no aplica.
   Tipo de modelos de conocimiento: no aplica.
   Tareas relacionadas de AdD: predicción de grupos de estudiantes y Patrón de comportamiento de los cursos.
   Tipo de tarea del ciclo autónomo (rol): monitoreo

2. **Tarea de AdD: análisis del Comportamiento de los Estudiantes**
   Descripción: esta tarea realiza un análisis descriptivo y predictivo de los grupos de estudiantes, sobre su comportamiento académico actual, y potencialmente futuro.
   Fuente de Datos: base de datos académica de los estudiantes
   Tipo tarea analítica de datos: descriptivo y predicción
   Tipo de modelos de conocimiento: predictivos y agrupamiento
   Tareas relacionadas de AdD: Patrón de cursos a ofrecer
   Tipo de tarea del ciclo autónomo (rol): Análisis

3. **Tarea de AdD: análisis del Comportamiento de los cursos**
   Descripción: análisis del comportamiento de las sesiones que se han abierto hasta la fecha en los diferentes cursos.
   Fuente de Datos: base de datos académica de los cursos.
   Tipo tarea analítica de datos: descriptivo y predicción
   Tipo de modelos de conocimiento: predictivos y agrupamiento

Tareas relacionadas de AdD: patrón de los cursos a ofrecer.
Tipo de tarea del ciclo autónomo (rol): análisis

4. **Tarea de AdD: patrón de cursos**
Descripción: análisis de las características de los cursos a ofrecer, que indique donde abrir, con qué profesor, número de estudiantes, etc.
Fuente de Datos: bases de datos académicas de los cursos
Tipo tarea analítica de datos: patrón
Tipo de modelos de conocimiento: reglas de asociación (descriptivo)
Tareas relacionadas de AdD: N/A
Tipo de tarea del ciclo autónomo (rol): decisión

4. Caso de estudio

4.1. Contexto Experimental

Para este estudio se usó como caso de estudio el Centro de Idiomas de la Universidad EAFIT[3]. En ese sentido, se busca establecer la planificación académica de los diferentes cursos de esa dependencia, la cual tiene varias sedes donde dictan los mismos. Además, se consideraron los cursos de los niveles de inglés del 6 al 10. Por otro lado, se utiliza Weka[4] para el desarrollo de las tareas de AdD desarrolladas en este trabajo. A su vez, se usaron los datos de los últimos 10 años del Centro de Idiomas, sobre los estudiantes y cursos dictados.

Como se explicó en la sección anterior, el ciclo autónomo realiza cuatro tareas, de las cuales tres son de análisis de datos para caracterizar los estudiantes, los cursos, y a partir de allí definir los patrones de cursos a abrir (enfocados únicamente en el idioma Inglés y en cursos del 6 al 10). Otra restricción importante es que no deben de haber más de 14 estudiantes por cada curso. A continuación se muestran los resultados arrojados en este caso de estudio.

4.2. Implementación de las tareas de AdD en el caso de estudio

Tarea de AdD: monitoreo del proceso
En esta tarea se preparan los datos para alcanzar el objetivo del ciclo autónomo. Comienza por el proceso de extraer los datos de las bases de datos académicas (estudiantes y cursos, principalmente). Posteriormente se realizan tareas de limpieza, de análisis de datos atípicos, de análisis de correlación entre las variables, así como de reducción de dimensiones, si es requerido.

Particularmente, en esta fase, además de las tareas anteriores, también se realiza la integración de las dos bases de datos en un modelo multidimensional con dos dimensiones, información de los estudiantes y de los cursos.

[3] http://www.eafit.edu.co/idiomas Centro de Idiomas de la Universidad EAFIT
[4] https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/

Tarea de AdD: análisis del Comportamiento de Grupos

En este caso de estudio se desarrolló un modelo que predice los potenciales cursos que un estudiante tomará en el ciclo siguiente. Particularmente, se enfoca en los cursos de inglés del 6 al 10. Para ello, se hizo un modelo predictivo basado en regresión lineal. La Figura 2 muestra los resultados el modelo generado por la técnica de regresión lineal. Básicamente, el modelo considera el curso actual (curso) que el estudiante (IDEst) está tomando, y el ciclo académico del año ((Sesion(T)), para establecer si tomará un curso en el siguiente ciclo académico (Sesion(T+1)).

```
=== Run information ===

Scheme:       weka.classifiers.functions.LinearRegression -S 0 -R 1.0E-8 -num-decimal-places 4
Relation:     1. AprobIA6-10
Instances:    4904
Attributes:   4
              IDEst
              Curso
              Sesion (T)
              Sesion (T+1)
Test mode:    evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===


Linear Regression Model

Sesion (T+1) =

    -0.0001 * IDEst +
    -3.0053 * Curso +
     0.3903 * Sesion (T) +
    30.5931

Time taken to build model: 0.065 seconds
```

Figura 2 – Tarea que predice si un estudiante tomara un curso en el semestre siguiente

El modelo de regresión lineal en este caso de estudio tiene un error de 0.03 de predicción, con respecto a los datos históricos. Con esa variable de sesión(T+1) de cada estudiante, se puede determinar cuántos estudiantes tomaran cursos en el ciclo siguiente, lo cual ayuda a especificar la demanda de estudiantes, y así, la cantidad de grupos que se deben abrir en cada curso (recordemos que no deben de haber más de 14 estudiantes por cada curso).

Tarea de AdD: análisis del Comportamiento de los cursos

Ya especificado el contexto de la demanda de estudiantes por curso, en esta tarea se analiza el comportamiento de los cursos en cada sesión del año. Esto permite analizar la cantidad de grupos para un curso dado, ya que no es lo mismo cursos en sesiones normales o cursos en sesiones de verano. Esta tarea analiza esa relación Cursos vs. Sesión del Año, para establecer la cantidad de grupos para un curso dado. Entre las cosas que se analiza esta la tasa de abandono en los cursos, en que sedes son más exitosos los cursos,

entre otras cosas. Igual que en el caso anterior, se usó un modelo predictivo basado en regresión lineal. En la Figura 3 se presenta el modelo obtenido, el cual estima la cantidad de grupos por curso que se deben abrir, según el comportamiento histórico del curso.

```
=== Run information ===

Scheme:       weka.classifiers.functions.LinearRegression -S 0 -R 1.0E-8 -num-decimal-places 4
Relation:     Grupos
Instances:    218
Attributes:   3
              Curso
              Sesion
              Cantidad
Test mode:    evaluate on training data

=== Classifier model (full training set) ===


Linear Regression Model

Cantidad =

    -0.0195 * Sesion +
     3.0024

Time taken to build model: 0.05 seconds
```

Figura 3 – Tarea que predice el comportamiento de los cursos a través de los ciclos académicos

El modelo establece que para establecer la cantidad es suficiente saber la sesión académica del año. Ese modelo tuvo un error de predicción de 0.16%.

Tarea de AdD: patrón de cursos

En esta tarea se determina las características de los cursos a ofrecer. En las tareas anteriores se tienen, tanto a los estudiantes como a la cantidad de cursos a abrir por nivel de inglés. Esta tarea indica donde abrir los cursos, con qué profesor, con qué número de estudiantes, entre otras cosas. Particularmente, esta tarea usa un algoritmo de reglas de asociación. En aprendizaje automático, las reglas de asociación se utilizan para descubrir hechos que ocurren en común dentro de un determinado conjunto de datos, lo cual permite descubrir relaciones entre variables en grandes conjuntos de datos. En nuestro caso se usa la información de los modelos anteriores y reglas de asociación, para responder a la pregunta: ¿Cuáles y cuántos cursos se deben abrir? El algoritmo de reglas de asociación encuentra las relaciones entre las variables sesión, sede y tipo de curso (ver figura 4).

6	1. Sede=POBLADO 817 ==> Curso=IAD006 817 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 2. Sede=SUR 233 ==> Curso=IAD006 233 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 3. Sesion=SE1 149 ==> Curso=IAD006 149 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 4. Sesion=TR1 127 ==> Curso=IAD006 127 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 5. Sesion=SE2 123 ==> Curso=IAD006 123 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 6. Sesion=SE1 Sede=POBLADO 114 ==> Curso=IAD006 114 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)
7	1. Sede=POBLADO 685 ==> Curso=IAD007 685 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 2. Sede=SUR 195 ==> Curso=IAD007 195 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 3. Sesion=SE2 118 ==> Curso=IAD007 118 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 4. Sesion=TR1 112 ==> Curso=IAD007 112 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 5. Sesion=SE2 Sede=POBLADO 104 ==> Curso=IAD007 104 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 6. Sesion=SE1 96 ==> Curso=IAD007 96 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0)
8	1. Sede=POBLADO 805 ==> Curso=IAD008 805 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 2. Sede=SUR 195 ==> Curso=IAD008 195 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 3. Sesion=SE2 137 ==> Curso=IAD008 137 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 4. Sesion=SE2 Sede=POBLADO 128 ==> Curso=IAD008 128 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 5. Sesion=SE1 114 ==> Curso=IAD008 114 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 6. Sesion=SE2 137 ==> Sede=POBLADO 128 <conf:(0.93)> lift:(1.22) lev:(0.02) [23] conv:(3.22) 7. Curso=IAD008 Sesion=SE2 137 ==> Sede=POBLADO 128 <conf:(0.93)> lift:(1.22) lev:(0.02) [23] conv:(3.22) 8. Sesion=SE2 137 ==> Curso=IAD008 Sede=POBLADO 128 <conf:(0.93)> lift:(1.22) lev:(0.02) [23] conv:(3.22)
9	1. Sede=POBLADO 689 ==> Curso=IAD009 689 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 2. Sede=SUR 165 ==> Curso=IAD009 165 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 3. Sesion=SE1 128 ==> Curso=IAD009 128 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 4. Sesion=SE1 Sede=POBLADO 118 ==> Curso=IAD009 118 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 5. Sesion=TR1 95 ==> Curso=IAD009 95 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 6. Sesion=SE1 128 ==> Sede=POBLADO 118 <conf:(0.92)> lift:(1.23) lev:(0.02) [21] conv:(2.89) 7. Curso=IAD009 Sesion=SE1 128 ==> Sede=POBLADO 118 <conf:(0.92)> lift:(1.23) lev:(0.02) [21] conv:(2.89) 8. Sesion=SE1 128 ==> Curso=IAD009 Sede=POBLADO 118 <conf:(0.92)> lift:(1.23) lev:(0.02) [21] conv:(2.89)
10	1. Sede=POBLADO 650 ==> Curso=IAD010 650 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 2. Sede=SUR 147 ==> Curso=IAD010 147 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 3. Sesion=TR1 103 ==> Curso=IAD010 103 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 4. Sesion=SE2 98 ==> Curso=IAD010 98 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 5. Sesion=SE2 Sede=POBLADO 94 ==> Curso=IAD010 94 <conf:(1)> lift:(1) lev:(0) [0] conv:(0) 6. Sesion=SE2 98 ==> Sede=POBLADO 94 <conf:(0.96)> lift:(1.27) lev:(0.02) [19] conv:(4.77) 7. Curso=IAD010 Sesion=SE2 98 ==> Sede=POBLADO 94 <conf:(0.96)> lift:(1.27) lev:(0.02) [19] conv:(4.77) 8. Sesion=SE2 98 ==> Curso=IAD010 Sede=POBLADO 94 <conf:(0.96)> lift:(1.27) lev:(0.02) [19] conv:(4.77)

Figura 4 – reglas de asociación que describen las características de los cursos a abrir

Cada regla mostrada en la Figura 3 es una propuesta de un curso abrir. Por ejemplo, la regla *Sede=Poblado => Curso=IADoo6* propone abrir el curso IADoo06 en la Sede del Poblado de la Universidad EAFIT. Ahora bien, del conjunto de reglas se escogen aquellas con mejores métricas de calidad, para definir la programación académica. Esas métricas de calidad son las siguientes

- Confianza (conf) describe el % de casos en la base de datos que contienen a X en el antecedente y también a Y en el consecuente.
- Elevación (Lift) es el soporte dividido por la proporción de todos los casos que contienen a ambos (consecuente y antecedente), donde el soporte es la proporción de casos que tienen a X e Y.
- Apalancamiento (Leverage) indica la proporción de casos adicionales cubiertos por la premisa y la consecuencia, por encima de los esperados si fueran independientes entre sí.
- Convicción (Conviction) expresa que tan independientes son las variables del antecedente y consecuente.

En general, se aspirarían reglas con valores altos para todas esas métricas. Así, la programación académica queda definida por las reglas de asociación con los valores más

altos para esas métricas. Las reglas con la mejor combinación de valores de esas métricas son las seleccionadas para establecer los cursos a dictar en el siguiente ciclo académico.

4.3. Prototipo

Se desarrolló un prototipo de software que integra los modelos del ciclo autonómico, que usa una interfaz vía una página web, de fácil uso, para la gestión de la herramienta por parte del área administrativa del departamento de idiomas de la Universidad EAFIT. Esa plataforma cuenta con tres módulos principales: inicio de la sesión con permisos de administrador, módulo para importar la data desde las bases de datos académicas, y por último, un tablero de control que permite la visualización de los resultados de los modelos de análisis de datos para la construcción de la programación académica. La Figura 5 muestra la interfaz para acceder a la plataforma, para lo cual se deben tener los permisos respectivos.

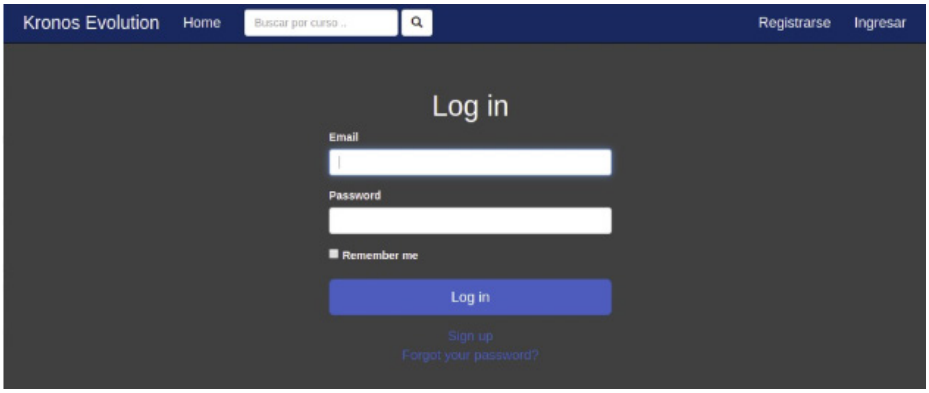


Figura 5 – Pagina de entrada al Sistema

Finalmente, la Figura 6 muestra la programación académica que el ciclo académico propone para un conjunto de datos dados, la cual responde a la pregunta que se planteó con el ciclo autónomo ¿Qué y Cuántos cursos se deben abrir?. En esa figura se describe la lista de cursos, y en particular, cada curso aparece con sus atributos principales: nivel, cantidad de estudiantes, sesión y sede. Para alcanzar esta decisión, el ciclo autónomo integra las 3 tareas de AdD definidas por sus modelos.

Con el uso del prototipo se evidencia la capacidad del sistema de proponer una programación académica en un ciclo académico. Particularmente, el ciclo autónomo usa los modelos de predicción y las reglas de asociación para responder a la pregunta ¿Cuáles y cuántos cursos se deben abrir? de una manera precisa y transparente. El sistema logra determinar el número de cursos requeridos, en qué sede, y con qué matricula contará.

5. Conclusiones

Este trabajo propuso un ciclo autónomo de tareas de análisis de datos, para realizar la planificación académica en instituciones educativas según las restricciones en la misma.

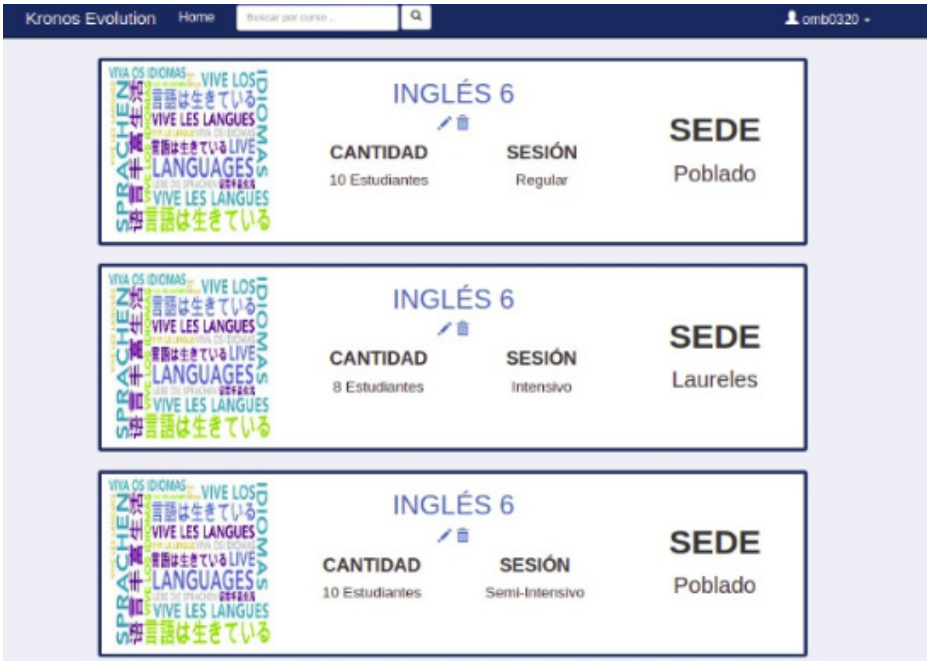


Figura 6 – Programación académica determinada por el ciclo autónomo

El concepto de "ciclos autónomos de análisis de datos" permite identificar claramente las diferentes tareas de análisis de datos requeridas en el proceso de planificación (ver Figura 1). Gracias al concepto de "ciclos autónomos de análisis de datos", el modelo puede auto-ajustarse en cada ciclo académico a las nuevas restricciones del ambiente, como espacios físicos y profesores disponibles, así como al crecimiento/decrecimiento en la demanda. Para ello, el usa varias técnicas de analítica de datos, que de manera autónoma trabajan para tomar decisiones. En cuanto a los trabajos previos en el ámbito de planificación académica, no hay trabajos similares basados en el uso de AdD, por lo que una propuesta de esta naturaleza contribuye a la automatización de los procesos de planificación que clásicamente son realizados de forma manual.

El ciclo autonómico propuesto ha sido probado con datos reales de la Universidad EAFIT, con el fin de programar sus cursos de inglés. El modelo propuesto es capaz de utilizar la información histórica, con el fin de aprovechar al máximo la misma para definir la planificación de cursos que mejor optimiza la relación entre la posible demanda de estudiantes, con los espacios y profesores disponibles. Los resultados con datos reales muestran la capacidad del modelo propuesto para realizar dicho planificación. Es bueno acotar la flexibilidad del modelo propuesto, ya que se pueden probar otros algoritmos de análisis de datos para las tareas especificadas en el ciclo autonómico. Así, el área de programación académica del Departamento de Idiomas de EAFIT se puede apoyar en este sistema, para programar los cursos adecuadamente, evitar cancelar cursos por poca asistencia, entre otras cosas.

Trabajos futuros deberán evaluar la robustez de la planificación propuesta por el ciclo autónomo, con métricas que determinen la viabilidad y éxito pedagógico de la misma. Otros trabajos futuros consistirán en realizar este esquema de planificación académica en otras dependencias de la universidad con otras condiciones ambientales (límites de estudiantes por curso, sesiones en el año, etc.). También, se probarán otros modelos y técnicas de aprendizaje automático, y se incorporarán enfoques de meta-aprendizaje para actualizar de forma autónoma los modelos de conocimiento del ciclo. Una fase final estudiará la integración del modelo con las bases de datos académicas de la Universidad, con el objetivo de que en cada fin de periodo académico, de manera autónoma, genere la planificación del siguiente periodo lectivo.

Referencias

Aguilar, J., Buendia, O., Moreno, K., & Mosquera, D. (2016). Autonomous cycle of data analysis tasks for learning processes. In R. Valencia-García, et al., (Eds) *Technologies and Innovation* (pp. 187-202). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48024-4_15

Aguilar, J., Sánchez, M., Cordero, J., Valdiviezo-Díaz, P., Barba-Guamán, L., & Chamba-Eras, L. (2018[a]). Learning analytics tasks as services in smart classroom. *Universal Access in the Information Society*, 17(4), 693-709.

Aguilar, J., Cordero, J., & Buendía, O. (2018[b]). Specification of the autonomic cycles of learning analytic tasks for a smart classroom. *Journal of Educational Computing Research*, 56(6), 866-891.

Aguilar J., Buendia O., Pinto A. & Gutiérrez J. (2019) Social learning analytics for determining learning styles in a smart classroom, *Interactive Learning Environments*, https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1651745

Carpineto, C., & Romano, G. (2004). *Concept data analysis: Theory and applications*. John Wiley & Sons.

Clow, D. (2013). An overview of learning analytics. *Teaching in Higher Education*, 18(6), 683-695.

Elbadrawy, A., Polyzou, A., Ren, Z., Sweeney, M., Karypis, G., & Rangwala, H. (2016). Predicting student performance using personalized analytics. *Computer*, 49(4), 61-69, doi: 10.1109/MC.2016.119.

Jewett, F. E., Fedderson, A. P.; Lawson, D. F.; and O'Grady, W. D. (1970). "The Feasibility of Analytic Models for Academic Planning, A Preliminary Analysis of Seven Quarters Observations on the 'Induced Course Load Matrix'." *Reporte Técnico, California State Colleges*, Los Angeles.

Kwon, Y. O. (2013). Data analytics in education: current and future directions. *Journal of intelligence and information systems*, *19*(2), 87-99.

Lopez CP., Santórum M., Aguilar J. (2019) Autonomous Cycles of Collaborative Processes for Integration Based on Industry 4.0. In: Rocha Á., Ferrás C., Paredes M. (eds) *Information Technology and Systems*. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, 918. (pp. 177-186).

Méndez, G., Ochoa, X., & Chiluiza, K. (2014). Techniques for data-driven curriculum analysis. In *Proceedings fourth international conference on learning analytics and knowledge* (pp. 148-157).

Morales L., Ouedraogo C., Aguilar J., Chassot C., Medjiah S., Drira K. (2019) Experimental Comparison of the Diagnostic Capabilities of Classification and Clustering Algorithms for the QoS Management in an Autonomic IoT Platform, *Service Oriented Computing and Applications*, 13 (3), 199–219.

Morales, L., Aguilar, J., Garces-Jimenez, A. Gutiérrez de Mesa, J. A. Gomez-Pulido, J. (2020). Advanced fuzzy- logic-based context-driven control for HVAC management systems in buildings. *IEEE Access*. 8, 16111-16126.

Olivero, Á. S. (2019). Aplicación de la inteligencia artificial en los ambientes de aprendizaje. *Revista Teinnova*, 3, 5-13.

Pacheco F., Rangel C., Aguilar C., Cerrada M. and Altamiranda J. (2014) Methodological framework for data processing based on the Data Science paradigm, In *Proceedings XL Latin American Computing Conference*, doi: 10.1109/CLEI.2014.6965184.

Phillips, E. D. (2013). Improving advising using technology and data analytics. Change: *The Magazine of Higher Learning*, 45(1), 48-55.

Popenici, S. A., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 22.

Riofrio G., Encalada E., Guamán D. and Aguilar J. (2015) Business intelligence applied to learning analytics in student-centered learning processes, In *Proceedings Latin American Computing Conference (CLEI)*. doi: 10.1109/CLEI.2015.7360045

Sánchez, M., Aguilar, J., Cordero, J., Valdiviezo-Díaz, P., Barba-Guamán, L., & Chamba-Eras, L. (2016). Cloud computing in smart educational environments: application in learning analytics as service. In A. Rocha, M., Correia, H., Adeli, P. Reis, M. Mendonca, (Eds) *New advances in information systems and technologies* (pp. 993-1002). Springer, Cham.

Vanthienen, J., & De Witte, K. (Eds.). (2017). *Data analytics applications in education*. CRC press.

Viloria, A., Naveda, A. S., Palma, H. H., Núñez, W. N., & Núñez, L. N. (2020, January). Using Big Data to Determine Potential Dropouts in Higher Education. *Journal of Physics*, 1432 (1), p. 012077.

Vizcarrondo J., Aguilar J., Exposito E., Subias A. (2017) MAPE-K as a Service-oriented Architecture, *Revista IEEE Latinoamerica Transactions*, 15(6), 1163-1175. doi: 10.1109/TLA.2017.7932705.

West, D. M. (2012). Big data for education: Data mining, data analytics, and web dashboards. *Governance studies at Brookings*, 4(1), 1-10.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/09/2020
Aceitação/Acceptance: 19/11/2020

Business to Consumer (B2C): barreiras à compra *online* identificadas por estudantes do ensino superior em Portugal

Maria Isabel Ribeiro[1], António José Fernandes[1], Isabel Lopes[2], Teresa Guarda[3]

xilote@ipb.pt, toze@ipb.pt; isalopes@ipb.pt; tguarda@gmail.com

[1] Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

[2] Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; Unidade de Pesquisa Aplicada em Gestão (UNIAG), Instituto politécnico de Bragança, Portugal; Centro ALGORITMI da Universidade do Minho, Braga, Portugal

[3] Universidad Estatal Península de Santa Elena–UPSE, La Libertad, Equador; Centro ALGORITMI da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

Pages: 207-220

Resumo: As tecnologias de informação e comunicação revolucionaram a forma de fazer negócios. O desenvolvimento do comércio eletrónico e o uso massivo da Internet aumentaram a popularidade das compras *online* em todo o mundo. Por isso, esta investigação teve como objetivos avaliar os fatores que afetam o uso futuro do comércio eletrónico por estudantes do ensino superior em Portugal e, verificar se existem diferenças tendo em conta a nacionalidade, género e idade dos inquiridos. Para isso, foi desenvolvido um estudo quantitativo, transversal e analítico baseado numa amostra por conveniência constituída por 304 não entusiastas da compra *online*. Apesar de não ser entusiasta da compra *online*, a maioria dos inquiridos, já é utilizador assíduo da internet há 5 ou mais anos. Contudo, entende que o seu nível conhecimento na realização de compras *online* é, ainda, muito limitado. As barreiras à compra *online* mais valorizadas pelos estudantes foram gostar de ver e experimentar os produtos antes de os comprar, falta de confiança nos sistemas de pagamento e nos *sites* de comércio eletrónico, preocupação com a segurança e privacidade e preferência pelo atendimento presencial. Existem barreiras à compra *online* nas quais foram identificadas diferenças tendo em conta a nacionalidade, o género e a idade dos estudantes.

Palavras-chave: Tecnologias de informação, Comércio eletrónico, B2C, Compra *online*, Comportamento do consumidor, Barreiras.

Business to consumer (B2C): Factors preventing online purchase by students of higher education in Portugal

Abstract: Information and communication technologies have transformed the way of doing business. The development of e-commerce and the massive use of

the Internet have increased the popularity of online shopping around the world. This research aimed to evaluate the factors that affect the future use of electronic commerce by students of higher education in Portugal and to identify differences taking into account the nationality, gender and age of the respondents. A quantitative, cross-sectional and analytical study was developed based on a convenience sample consisting of 304 non fans of online shopping. Despite not being enthusiastic about online shopping, most of the respondents have already been a regular user of the internet for 5 or more years, however, they understand that their level of knowledge in making online purchases is still very limited. The most valued barriers to online shopping by students were enjoying seeing and trying products before buying them, lack of confidence in payment systems and e-commerce sites, concern about security and privacy and preference for face-to-face service. There are barriers to online shopping in which differences have been identified taking into account the nationality, gender and age of students.

Keywords: Information technologies, E-commerce, B2C, *Online* shopping, Consumer behaviour, Barriers.

1. Introdução

Como resultado do aumento do número de internautas, melhor acesso à banda larga, rápida revolução e amplo uso de *smartphones*, disseminação dos Mídias Sociais, tais como *Facebook, Twitter* e *Instagram*, o comércio eletrónico traçou com sucesso o seu caminho nos mercados internacionais (Abdullah Salman & Mahdi Sahi, 2017).

Em Portugal, em 2018, o volume de negócios na categoria B2C atingiu os 5,5 mil milhões de euros, estimando-se que este valor aumente, em 2025, para 9,7 mil milhões de euros. Cerca de 50% dos internautas portugueses fazem compras *online*. As compras efetuadas representam cerca de 3% do valor do PIB (ACEPI, 2019). Segundo a mesma fonte, Portugal detém a 19ª posição, em 28 países da União Europeia, no Índice Europeu da Economia e da Sociedade Digital (índice constituído por cinco dimensões, designadamente, Conetividade, Capital Humano, Utilização dos Serviços da Internet, Integração das Tecnologias Digitais e Serviços Públicos Digitais) (ACEPI, 2019). Neste sentido, e dada a importância do comércio eletrónico B2C, foi desenvolvido um estudo quantitativo que teve como objetivos avaliar os fatores que afetam o uso futuro do comércio eletrónico por estudantes do ensino superior em Portugal e verificar se existem diferenças significativas tendo em conta a nacionalidade, o género e a idade dos inquiridos. Para isso, foi desenvolvido um estudo quantitativo, transversal e analítico baseado numa amostra mão probabilística por conveniência constituída por 304 estudantes do ensino superior português não entusiastas da compra *online*. Para o efeito, desenvolveu-se um questionário em formato digital, posteriormente, aplicado *online* em maio de 2019. Os dados foram tratados com recurso ao *software IBM SPSS Statistics* versão 26.0 tendo sido, numa primeira fase, calculadas frequências absolutas e relativas para as variáveis de natureza qualitativa e medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis de natureza quantitativa. Numa segunda fase, utilizou-se o teste Qui-quadrado de *Pearson* ou, em alternativa, o Teste Exato de Fisher para estudar a associação entre os motivos para os estudantes não serem entusiastas das compras *online* e fatores sociodemográficos como o género, nacionalidade e idade.

Este trabalho encontra-se organizado em cinco secções. Na primeira secção, a introdução, justifica-se o tema, apresenta-se o objetivo do trabalho, faz-se uma breve referência à metodologia para o atingir e estrutura-se o trabalho. Na segunda seção organiza-se a revisão da literatura sobre o comércio eletrónico, compras *online* e barreiras à compra *online*. Na terceira seção descreve-se a metodologia utilizada nesta investigação. Na quarta seção apresentam-se os resultados. Finalmente, na quinta e última seção são expostas as conclusões e limitações deste estudo e são sugeridas orientações para investigações futuras.

2. Revisão da literatura

O comércio eletrónico é entendido como um processo de compra e venda de produtos e serviços pela internet (Chong, 2008; Abdullah Salman & Mahdi Sahi, 2017). Um meio virtual e dinâmico de transações, venda e compra de informações, serviços e produtos (Albarq, 2006; Delafrooz, Paim, Haron, Sidin & Khatibi, 2009), a internet tem sido o centro de atenções por parte de profissionais e investigadores (Thompson, 2006), não só pelas grandes oportunidades que proporciona aos consumidores, como também, aos vários setores de atividade, incluindo o dos negócios. Neste contexto, o comércio eletrónico tornou-se um dos principais motores do crescimento económico. O *Business to Consumer* (B2C), uma das categorias do comércio eletrónico, que consiste no ato da compra de bens e serviços pela *internet* diretamente aos vendedores (Zhang, Mukherjee & Soetarman, 2012; Muda, Mohd & Hassan, 2015; Jain & Kulhar, 2019) nunca foi tão popular como o é atualmente. Os consumidores podem realizar a compra *online* em qualquer lugar e a qualquer hora, o que é muito mais eficaz do que a compra convencional em lojas físicas (Zhang et al, 2012). Como argumentam Jain e Kulhar (2019). hoje em dia. é muito fácil vender e comprar um produto de e para qualquer para do mundo. O comércio eletrónico é, por isso, considerado um exemplo perfeito da revolução empresarial (Zhang et al, 2012; Abdullah Salman & Mahdi Sahi, 2017).

Tal como já foi referido, a compra *online* é uma forma de comércio eletrónico que permite aos consumidores adquirirem produtos, diretamente, dos vendedores usando a internet (Muda et al, 2015). Katawetawaraks e Wang (2011) argumentam que as compras *online* geram padrões comportamentais mistos entre os consumidores. Apesar de proporcionarem aos consumidores mais comodidade e rapidez, também geram ceticismo. Hoffman, Novak e Chatterjee (1995) afirmam que existem motivos que justificam o facto de muitas pessoas não serem adeptas das compras *online*, destacando, o terem de fornecer informações pessoais e bancárias e não confiarem na maioria das empresas que vendem *online*.

Bhatnaga e Ghose (2004) afirmam existirem vários riscos associados à compra *online*, entre os quais, a incapacidade de ver e examinar fisicamente o produto e a cedência de dados/informações pessoais e bancários por linhas abertas, levando ao temor do consumidor de que os dados possam ser comprometidos. Bringula (2016) destacou três obstáculos às compras *online*, designadamente, a preocupação com a segurança e a privacidade do consumidor, a qualidade do produto e a necessidade para ver ou tocar no produto. Na opinião de Lu e Yu-kun (2009), os internautas atribuem grande importância à segurança e consideram que o risco é demasiado elevado quando se

trata de transmitir informações relativas ao número do cartão de crédito e números de contas bancárias.

Um estudo desenvolvido na China por Yu (2006) identificou três barreiras à compra *online*, nomeadamente, os hábitos de compra, ou seja, os consumidores tinham preferência pelas compras presenciais; o transporte, ou seja, infraestruturas de transporte/serviços de entrega ao domicilio deficientes e pouco eficazes; e, o pagamento *online*, ou seja, falta de sistemas de pagamento de crédito. A falta de cartão de crédito foi, também, identificada por Abdullah Salman e Mahdi Sahi, (2017) no Iraque como o maior obstáculo à compra *online*. De acordo com estes investigadores, o facto de os cartões de crédito não estarem disponíveis para a população em geral limita o crescimento e o desenvolvimento do comércio eletrónico.

Segundo Delafrooz et al. (2009), o risco de segurança nos sistemas de pagamento e a possibilidade de roubo de informações pessoais são as maiores e mais comuns ameaças à compra *online* em todo o mundo. Contudo, barreiras relacionadas com o conhecimento, competências e habilidades digitais, bem como infraestruturas inadequadas, serviços pós-venda deficientes, são barreiras às compras *online* que não devem ser menosprezadas.

3. Métodos

Foi realizado um estudo quantitativo, transversal e analítico com base numa amostra não probabilística por conveniência. Para a recolha dos dados, foi utilizado um questionário, adaptado de Silva (2010), estruturado em duas seções. A primeira incluía questões para a caraterização do inquirido, tais como nacionalidade, distrito de residência, género, idade e o regime de frequência académico. A segunda secção envolvia perguntas sobre a utilização da *Internet*, nomeadamente, há quanto tempo é utilizador da *Internet*, o tempo que despende, em média, por dia na *internet*, a experiência e o conhecimento em compras *online* e os motivos que justificam não ser entusiasta da compra *online*. O questionário foi aplicado *online* durante o mês de maio de 2019.

Os dados recolhidos foram editados e tratados recorrendo ao *software IBM SPSS Statistics* versão 26.0. Foram calculadas estatísticas descritivas, designadamente, o cálculo de frequências absolutas e relativas para as variáveis de natureza qualitativa (variáveis nominais e ordinais) e medidas de tendência central e de dispersão para as variáveis de natureza quantitativa (Pestana & Gageiro, 2014; Maroco, 2018). Foi utilizado o Teste Qui-quadrado de *Pearson*, ao nível de significância (α) de 5%, para comparar proporções para as barreiras à compra *online* tendo e consideração a nacionalidade, o género e a idade do inquirido. Sempre que houve violação da regra prática utilizou-se, em alternativa, o Teste Exato de Fisher. Segundo Maroco (2018), a regra prática do Teste Qui-quadrado de *Pearson* refere o seguinte: a dimensão global da amostra deve ser superior a 20, as frequências esperadas devem ser superiores a 5 e, caso sejam inferiores a esse valor, mas superiores a 1, não podem representar mais do que 20% das células da tabela de contingência de 2x2. Estes testes permitem testar a hipótese nula (H_0: *As barreiras à compra online não estão associadas à nacionalidade, género e idade do inquirido*) contra a hipótese alternativa (H_1: *As barreiras à compra online estão associadas à nacionalidade, género e idade do inquirido*). Segundo Maroco (2018), a

regra de decisão estatística é rejeitar a hipótese nula quando *p-value* (probabilidade de significância) ≤ α.

Foram recolhidos 1274 questionários devidamente preenchidos. Destes, 304 inquiridos (23,8%) eram não entusiastas da compra *online* e tinham idades compreendidas entre os 18 e os 45 anos. Como pode ver-se na Tabela 1, os inquiridos eram, na sua maioria, de nacionalidade portuguesa (81,3%), do género feminino (57,2%), tinham idade superior a 20 anos (63,5%) e estudavam em regime de exclusividade (85,2%). Uma minoria era trabalhador-estudante (14,8%).

Variável	Grupos	Frequências	
		Absolutas (n)	Relativas (%)
Nacionalidade	Portuguesa	247	81,3
	Outra	57	18,8
Género	Feminino	174	57,2
	Masculino	130	42,8
Classes etárias	18-20 anos	111	36,5
	> 20 anos	193	63,5
Regime de frequência	Ordinário	259	85,2
	Trabalhador-estudante	45	14,8

Tabela 1 – Caraterização sociodemográfica e académica dos não entusiastas da compra *online*

A Figura 1 mostra a distribuição geográfica dos estudantes de nacionalidade portuguesa por distrito de residência. Tal como pode ver-se, a maioria dos inquiridos de nacionalidade portuguesa eram provenientes da zona Norte de Portugal (75,3%), nomeadamente, Porto (32,8%), Bragança (22,3%), Braga (10,1%) e Vila Real (10,1%).

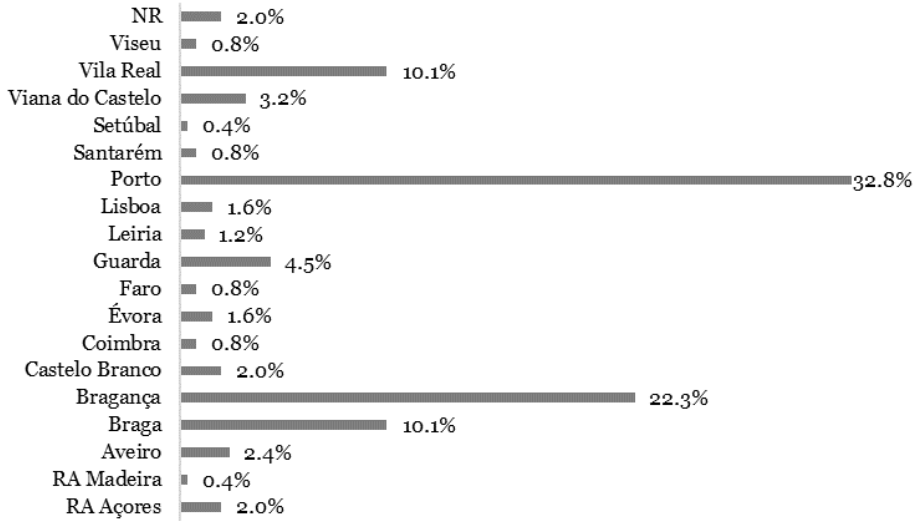


Figura 1 – Distrito de residência dos estudantes não entusiastas da compra *online*

Quanto aos estudantes estrangeiros, a esmagadora maioria (82,5%) era de nacionalidade Brasileira (38,6%), Cabo-verdiana (28,1%) e Santomense (15,8%) (Figura 2).

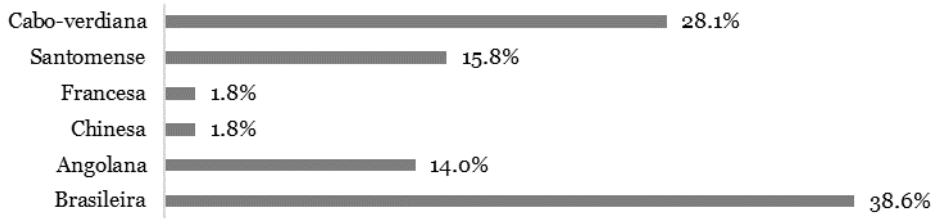


Figura 2 – Nacionalidade dos estudantes estrangeiros não entusiastas da compra *online*

4. Resultados

Apesar de não ser entusiasta da compra *online*, a maioria dos inquiridos, já é utilizador da internet há 5 ou mais anos (86,5%), utiliza muito ou muitíssimo a Internet (55,3%) durante, pelo menos, 1 hora/dia (83,6%). Contudo, entende que o seu nível conhecimento na realização de compras *online* é nulo ou reduzido (70,7%), tal como pode ver-se na Tabela 2.

Variável	Grupo	Frequências	
		n	%
Tempo como utilizador da internet	< 5 anos	41	13,5
	5-10 anos	179	58,9
	>10 anos	84	27,6
Frequência de utilização da internet	Não uso	13	4,3
	Uso pouco	26	8,6
	Uso algumas vezes	87	31,9
	Uso muito	83	27,3
	Uso muitíssimo	85	23,0
Uso diário, em média, da internet	Não utilizo	13	4,3
	< 1 hora	37	12,2
	1-5 horas	133	43,8
	>5 horas	121	39,8
Nível de conhecimento/experiência em compras online	Nenhum	80	26,3
	Muito baixo	72	23,7
	Baixo	63	20,7
	Médio	61	20,1
	Elevado	18	5,9
	Muito elevado	6	2,0
	Excelente	4	1,3

Tabela 2 – Utilização da internet e nível de conhecimento em compras *online*

Apesar de tudo, e no âmbito da compra *online*, a utilização da *internet* é importante para os inquiridos, sobretudo, para visitar *sites* que lhes permitam obter e consultar informações sobre produtos de que necessita ou procura embora acabe por fazer a compra, sempre ou na maioria das vezes, numa loja física (69,7%), como pode ver-se na Figura 3.

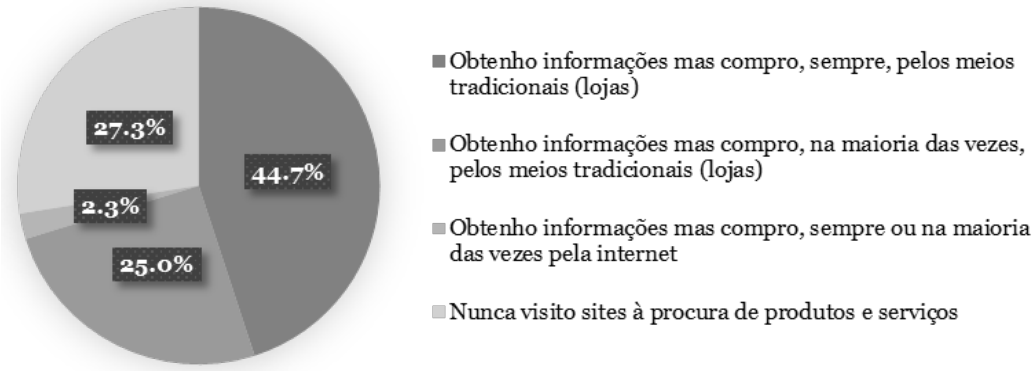


Figura 3 – Atitude do inquirido perante o comércio eletrónico quando visita *sites* sobre produtos e serviços

De acordo com os inquiridos, são muitas as barreiras ou desvantagens associadas à compra *online*. Na Figura 4 destacam-se, com valores acima dos 20,0%, os motivos a seguir: gostar de ver e experimentar os produtos antes de os comprar (31,6%), desconfiança em relação aos sistemas de pagamento (22,4%) e aos *sites* de comércio eletrónico (21,4%), preocupação com a segurança e a privacidade dos dados de quem compra (21,3%) e gostar do atendimento presencial (20,1%).

A Tabela 4 revela que as barreiras que registam diferenças, estatisticamente significativas, nas proporções tendo em conta a nacionalidade são "Acho que o processo da compra é muito complicado" (*p-value* = 0,044), "Não tenho conhecimento ou competências para tal" (p-value = 0,003), "Gosto de ser atendido por uma pessoa" (*p-value* = 0,018), "Não confio nos *sites* de comércio eletrónico" (*p-value* = 0,003) e "Tenho dificuldade com outros idiomas" (*p-value* = 0,000). São, em maior proporção, os estudantes de nacionalidade portuguesa que consideram o processo de compra *online* complicado, que não confiam nos *sites* de comércio eletrónico e que, num processo de compra, gostam de ser atendidos presencialmente. Contudo, são os estudantes de nacionalidade estrangeira que, em maior proporção, consideram não ter as competências suficientes para desencadear e levar a cabo um processo de compra *online*, talvez porque, também, são em maior proporção no que diz respeito a terem dificuldades com outros idiomas.



Figura 4 – Desvantagens ou barreiras associadas à compra *online*

Barreiras	**Nacionalidade**	**Frequências (%)**		***p-value***
		Sim	**Não**	
A ligação à internet é demasiado lenta	Portuguesa Outra	3,2 3,5	96,8 96,5	0,918
Acho que o processo da compra é muito complicado	Portuguesa Outra	17,8 7,0	82,2 93,0	0,044 (1)
Os custos das ligações adicionais ou por volume de download	Portuguesa Outra	3,2 1,8	96,8 98,2	0,551
Custos dos conteúdos disponibilizados na internet	Portuguesa Outra	4,5 5,3	95,5 94,7	0,793
Desconheço os procedimentos para fazer compras na internet	Portuguesa Outra	10,5 12,3	89,5 87,7	0,701
Custos de envio e a demora da chegada do produto	Portuguesa Outra	13,8 15,8	86,2 84.2	0,693
Não tenho conhecimento ou competências para tal	Portuguesa Outra	8,9 22,8	91,1 77,2	0,003 (1)
Gosto de ser atendido por uma pessoa	Portuguesa Outra	22,7 8,8	77,3 91,2	0,018(1)
Gosto de ver/experimentar os produtos antes de os comprar	Portuguesa Outra	32,0 29,8	68,0 70,2	0,752

Barreiras	Nacionalidade	Frequências (%)		*p-value*
		Sim	Não	
Não confio nos sites de comércio eletrónico	Portuguesa Outra	24,7 7,0	75,3 93	0,003 [1]
Não confio nos sistemas de pagamentos existentes	Portuguesa Outra	24,5 14	75,5 86,0	0,089
Não conheço sites de comércio eletrónico	Portuguesa Outra	4,9 5,3	95,1 94,7	0,904
Não tenho acesso à internet em casa	Portuguesa Outra	0,4 1,8	99,6 98,2	0,340 [2]
Não tenho tempo	Portuguesa Outra	7,7 5,3	92,3 94,7	0,523
Não tenho cartão de crédito	Portuguesa Outra	11,7 14,0	88,3 86,0	0,633
Os conteúdos disponíveis na internet não são suficientemente atrativos	Portuguesa Outra	4,9 3,5	95,1 96,5	0,661
Preocupação com segurança ou privacidade	Portuguesa Outra	22,8 14,5	77,2 85,5	0,178
Tenho dificuldade com outros idiomas	Portuguesa Outra	3,6 15,8	96,4 84,2	0,000 [1]

[1] Existem diferenças estatisticamente significativas nas proporções ao nível de significância de 5%.
[2] Teste Exato de Fisher.

Tabela 4 – Barreiras à compra *online* tendo em conta a nacionalidade

Na Tabela 5 foram identificadas diferenças nas proporções relativas às barreiras "Gosto de ver/experimentar os produtos antes de os comprar" (*p-value* = 0,003), "Não conheço *sites* de comércio eletrónico" (*p-value* = 0,003), "Não tenho tempo" (*p-value* = 0,012) e "Tenho dificuldade com outros idiomas" (*p-value* = 0,009). De facto, há mais mulheres do que homens a gostarem de ver e experimentar o produto antes de o comprar. Igualmente, há mais mulheres que assumem não ter tempo para fazer compras *online*. Por outro lado, os homens estão em maior proporção quando comparados com as mulheres no que diz respeito a não conhecerem *sites* que se dedicam ao comércio e a terem dificuldades com outros idiomas.

Barreiras	Género	Frequências (%)		*p-value*
		Sim	Não	
A ligação à internet é demasiado lenta	Feminino Masculino	1,7 5,4	98,3 94,6	0,077
Acho que o processo da compra é muito complicado	Feminino Masculino	13,8 18,5	86,2 81,5	0,269
Os custos das ligações adicionais ou por volume de download	Feminino Masculino	1,7 4,6	98,3 95,4	0,141
Custos dos conteúdos disponibilizados na internet	Feminino Masculino	4,0 5,4	96,0 94,6	0,575

Barreiras	Género	Frequências (%)		*p-value*
		Sim	Não	
Desconheço os procedimentos para fazer compras na internet	Feminino	8,0	92,0	0,069
	Masculino	14,6	85,4	
Custos de envio e a demora da chegada do produto	Feminino	14,9	85,1	0,644
	Masculino	13,1	86,9	
Não tenho conhecimento ou competências para tal	Feminino	8,6	91,4	0,068
	Masculino	15,4	84,6	
Gosto de ser atendido por uma pessoa	Feminino	21,3	78,7	0,546
	Masculino	18,5	81,5	
Gosto de ver/experimentar os produtos antes de os comprar	Feminino	**38,5**	61,5	0,003 (1)
	Masculino	22,3	77,7	
Não confio nos sites de comércio eletrónico	Feminino	18,4	81,6	0,141
	Masculino	25,4	74,6	
Não confio nos sistemas de pagamentos existentes	Feminino	19,2	80,8	0,111
	Masculino	26,9	73,1	
Não conheço sites de comércio eletrónico	Feminino	1,7	98,3	0,003 (1)
	Masculino	**9,2**	90,8	
Não tenho acesso à internet em casa	Feminino	0,0	100,0	0,182(2)
	Masculino	1,5	98,5	
Não tenho tempo	Feminino	**4,0**	96,0	0,012 (1)
	Masculino	1,5	88,5	
Não tenho cartão de crédito	Feminino	12,6	87,4	0,771
	Masculino	11,5	88,5	
Os conteúdos disponíveis na internet não são suficientemente atrativos	Feminino	2,9	97,1	0,096
	Masculino	6,9	93,1	
Preocupação com segurança ou privacidade	Feminino	22,0	78,0	0,729
	Masculino	20,3	79,7	
Tenho dificuldade com outros idiomas	Feminino	2,9	97,1	0,009 (1)
	Masculino	**10,0**	90,0	

(1) Existem diferenças estatisticamente significativas nas proporções ao nível de significância de 5%.
(2) Teste Exato de Fisher.

Tabela 5 – Barreiras à compra *online* tendo em conta o género

Tendo em conta as classes etárias, a Tabela 6 mostra que apenas as barreiras: "A ligação à internet é demasiado lenta" (*p-value* = 0,025) e "Não confio nos *sites* de comércio eletrónico" (*p-value* = 0,007) registaram diferenças, estatisticamente significativas, nas proporções. Como pode ver-se, são os estudantes mais novos que, em maior proporção, consideram a ligação à *internet* demasiado lenta e são, também, os que menos confiam nos *sites* de comércio eletrónico.

Barreiras	Classes etárias	Frequências (%)		*p-value*
		Sim	Não	
A ligação à internet é demasiado lenta	18-20 anos >20 anos	6,3 1,6	93,7 98,4	0,025 (1)
Acho que o processo da compra é muito complicado	18-20 anos >20 anos	20,7 13,0	79,3 87,0	0,074
Os custos das ligações adicionais ou por volume de download	18-20 anos >20 anos	2,7 3,1	97,3 96,9	0,841
Custos dos conteúdos disponibilizados na internet	18-20 anos >20 anos	4,5 4,7	95,5 95,3	0,949
Desconheço os procedimentos para fazer compras na internet	18-20 anos >20 anos	11,7 10,4	88,3 89,6	0,716
Custos de envio e a demora da chegada do produto	18-20 anos >20 anos	11,7 15,5	88,3 84,5	0,356
Não tenho conhecimento ou competências para tal	18-20 anos >20 anos	14,4 9,8	85,6 90,2	0,229
Gosto de ser atendido por uma pessoa	18-20 anos >20 anos	17,1 21,8	82,9 78,2	0,330
Gosto de ver/experimentar os produtos antes de os comprar	18-20 anos >20 anos	27,9 33,7	72,1 66,3	0,299
Não confio nos sites de comércio eletrónico	18-20 anos >20 anos	29,7 16,6	70,3 83,4	0,007 (1)
Não confio nos sistemas de pagamentos existentes	18-20 anos >20 anos	27,0 19,9	73,0 80,1	0,153
Não conheço sites de comércio eletrónico	18-20 anos >20 anos	7,3 3,6	92,7 96,4	0,159
Não tenho acesso à internet em casa	18-20 anos >20 anos	1,8 0,0	98,2 100,0	0,133 (2)
Não tenho tempo	18-20 anos >20 anos	10,8 5,2	89,2 94,8	0,068
Não tenho cartão de crédito	18-20 anos >20 anos	10,8 13,0	89,2 87,0	0,582
Os conteúdos disponíveis na internet não são suficientemente atrativos	18-20 anos >20 anos	4,5 4,7	95,5 95,3	0,949
Preocupação com segurança ou privacidade	18-20 anos >20 anos	22,9 20,3	77,1 79,7	0,593
Tenho dificuldade com outros idiomas	18-20 anos >20 anos	6,3 5,7	93,7 94,3	0,829

(1) Existem diferenças estatisticamente significativas nas proporções ao nível de significância de 5%.
(2) Teste Exato de Fisher.

Tabela 6 – Barreiras à compra *online* tendo em conta as classes etárias

A Figura 5 mostra que, quando questionados sobre se no futuro pretendem fazer compras *online*, a esmagadora maioria (83,2%) assume que não vai comprar de certeza (70,4%) ou que provavelmente não vai comprar (12,8%).



Figura 5 – Intenção de compra *online*

5. Conclusões

Foi desenvolvido um estudo quantitativo, transversal e analítico baseado numa amostra não probabilística por conveniência constituída por 304 não entusiastas da compra *online*. A maioria dos inquiridos é utilizador assíduo da *internet* há 5 ou mais anos. Contudo, entende que o seu nível conhecimento na realização de compras *online* é, ainda, muito limitado. As barreiras à compra *online* mais valorizadas pelos estudantes foram gostar de ver e experimentar os produtos antes de os comprar, a falta de confiança nos sistemas de pagamento e nos *sites* de comércio eletrónico, a preocupação com a segurança e a privacidade e a preferência pelo atendimento presencial.

Existem barreiras à compra *online* nas quais foram identificadas diferenças estatisticamente significativas tendo em conta a nacionalidade, o género e a idade dos estudantes. De facto, são os estudantes de nacionalidade portuguesa que, em maior proporção, consideram o processo de compra *online* complicado, não confiam nos *sites* de comércio eletrónico e gostam de ser atendidos presencialmente. Por seu lado, são os estudantes de nacionalidade estrangeira que, em maior proporção, consideram não ter as competências suficientes para desencadear e levar a cabo um processo de compra *online* e terem dificuldades com outros idiomas. Relativamente ao género, verificou-se que há mais mulheres do que homens a gostarem de ver e experimentar o produto antes de o comprar. Da mesma forma, há mais mulheres que assumem não ter tempo para fazer compras *online*. Por outro lado, os homens estão em maior proporção no que diz respeito a não conhecerem *sites* que se dedicam ao comércio e a terem dificuldades com outros idiomas. Finalmente, no que diz respeito à idade, são os estudantes mais novos que, em maior proporção, consideram a ligação à *internet* demasiado lenta e que menos confiam nos *sites* de comércio eletrónico.

Este estudo tem como base uma amostra não probabilística, constituída apenas por indivíduos que frequentam um curso superior em Portugal. Embora os estudantes façam parte de uma geração altamente consciente e disposta a usar ferramentas digitais em todas as esferas da sua vida (Archana & Heejin, 2008; Rahman & Azar, 2011; Lazarevic, 2012), tal facto constitui uma limitação do estudo que impede a generalização dos resultados a toda a população. Dada a importância do comércio eletrónico na geração de riqueza do País, em investigações futuras, pretende-se examinar as limitações ou os obstáculos à compra *online* por consumidores de todas as faixas etárias e inseridos no mercado de trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) pelo apoio financeiro ao CIMO (UIDB/00690/2020) através de fundos nacionais FCT/MCTES.

UNIAG, unidade de I&D financiada pela FCT, Fundação Portuguesa para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia, Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior. Projeto nº. UIDB / 04752/2020.

Referências

Abdullah Salman, A., & Mahdi Sahi, A. (2017). Understanding Consumer Behavior in E-shopping: A Case Study of Iraq with an overview of E-shopping in the global and Arab regions. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 4(11), 821-849.

ACEPI (2019). *Estudo Economia Digital em Portugal - 2019*. Associação da Economia Digital.

Albarq, A. N. (2006). *Intention to Shop Online Among University Students in Jordan*. Graduate School, Universiti Utara Malaysia.

Archana, K., & Heejin, L. (2008). Age differences in mobile service perceptions: comparison of generation Y and baby boomers. *Journal of Services Marketing*, 22(7), 568–577.

Bhatnaga, A., & Ghose, S. (2004). Segmenting consumers based on the benefits and risks of Internet shopping. *Journal of Business Research*, 57, 1352–1360.

Bringula, R.P. (2016). Taxonomy of Factors Influencing Non-Use of Online Shopping of Students. *Modern Applied Science*, 10 (4), 119-127.

Chong, S. (2008). Success in electronic commerce implementation: A cross-country study ofsmall and medium-sized enterprises. *Journal of Enterprise Information Management*, 21(5), 468-492.

Delafrooz, N., Paim, L. H., Haron, S. A., Sidin, S. M. & Khatibi, A. (2009). Factors affecting students' attitude toward online shopping. *African Journal of Business Management*, 3(5), 200-209.

Hoffman, D., Novak, T., & Chatterjee, P. (1995). Commercial scenarios for the web: opportunities and challenges. *Journal of computer-mediated communication*, 1(3), JCMC136. https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1995.tb00165.x

Jain, R., & Kulhar, M. (2019). Barriers to online shopping. *International journal of Business Information Systems*, 30(1), 31-49.

Katawetawaraks, C., & Wang, C.L. (2011). Online shopper behaviour: Influences of online shopping. *Decision Asian Journal of Business Research*, 1(2), 66-74.

Lazarevic, V. (2012). Encouraging brand loyalty in fickle generation Y consumers. *Young Consumers*, 13(1), 45–61.

Lu, S., & Yu-kun, C. (2009). Research on Consumer Confidence in the Online Store. *2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, (pp. 153-155). IEEE, doi: 10.1109/ICIII.2009.498.

Maroco, J. (2018). Análise Estatística com o SPSS statistics, Pero Pinheiro: ReportNumber.

Muda, M., Mohd, R., & Hassan, S. (2015). Online Purchase Behavior of Generation Y in Malaysia. *Procedia Economics and Finance* 37, 292-298.

Pestana, M., & Gageiro, J. (2014). *Análise de Dados para Ciências Sociais: A complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo.

Rahman, S., & Azhar, S. (2011). Xpressions of generation Y: perceptions of the mobile phone service industry in Pakistan. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 23(1), 91–107.

Silva, V.R.M.G (2010). *Fundamentos, modelos, sistemas de segurança e pagamentos, Experiência de Comércio Electrónico dos alunos do ensino superior do Instituto Politécnico de Tomar: Estudo de Caso*. [Tese de mestrado em Comércio eletrónico e Internet, Universidade Aberta]. Repositório da Universidade aberta. http://hdl.handle.net/10400.2/1708

Thompson, S.H.T. (2006) To buy or not to buy online: adopters and nonadopters of online shopping in Singapore. *Behaviour & Information Technology*, 25(6), 497-509.

Yu, J. (2006). B2C Barriers and Strategies: A Case Study of Top B2CCompanies in China. *Journal of Internet Commerce*, 5(3), 27-51.

Zhang, Y., Mukherjee, R., & Soetarman, B. (2012). Concept extraction for online shopping. In *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Electronic Commerce*, (pp. 48-53). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/2346536.2346545

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/09/2020
Aceitação/Acceptance: 22/11/2020

Resistência à utilização de sistemas de informação hospitalar pelo corpo clínico na era do Covid 19

Oswaldo Luiz Oliveira[1], Marcus Brauer[2], Antonio Augusto Gonçalves[3], Marcello Romani-Dias[4], José Geraldo Pereira Barbosa[5]

oswaldo.oliveira60@gmail.com; marcusbrauer@gmail.com; augusto@inca.gov.br; mromdias@hotmail.com; jose.geraldo@estacio.br

[1] MADE / UNESA, Rua Carlos Gois - 219/501, 22440-004, Rio de Janeiro, Brasil

[2] MADE / UNESA, UERJ, UNIRIO , Rua S. Francisco Xavier 524, 8º andar, Bloco A, Sala 8005, 20550-013, Rio de Janeiro, Brasil

[3] MADE / UNESA, Rua do Resende 195, 3 andar, 20230-092, Rio de Janeiro, Brasil

[4] Universidade Positivo, Campus Ecoville - Business School - ESEG, Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza , 5300, 81280330, Curitiba, Brasil

[5] MADE - UNESA, Av. Presidente Vargas, 642/220 andar, 20071-001, Rio de Janeiro, Brasil

Pages: 221-231

Resumo: Com a pandemia do COVID 19, aumentou a demanda dos Sistemas de Informação (SI) para o setor de saúde. O investimento em SI pode ser uma estratégia eficaz para reduzir o risco de contágio e melhorar decisões médicas e administrativas. O objetivo desta da pesquisa foi responder como e por que ocorre a resistência à utilização de sistemas de informação hospitalar pelo corpo clínico. Os resultados encontrados nesta pesquisa qualitativa com estudo de caso único foram unânimes quanto à falta de envolvimento dos usuários no sistema, a baixíssima capacitação formal, o impacto na qualidade e desperdício das informações pela falta de integração entre sistemas e o alto risco de degradação deles. No momento em que toda a sociedade está apreensiva em como lidar com o COVID-19 de forma segura, a tecnologia é um aliado fundamental no desenvolvimento de alternativas, acelerando inovações. No momento atual de COVID-19 o único recurso que consegue ligar as pessoas às suas necessidades é a tecnologia não só como ferramenta de colaboração, mas como sistema de informação, diminuindo o distanciamento se tornando fator crítico de sucesso. Como contribuição prática a pesquisa confirmou as teorias mais recentes, descritas a seguir, quanto a Resistência à Sistemas de Informação (RSI). Como contribuição teórica, propõe novos estudos, inclusive quantitativos, para aferição do grau de RSI e conhecimento dos sistemas utilizados.

Palavras-chave: Resistência, Sistemas de Informação Hospitalar, COVID-19

Resistance to the use of hospital information systems by the clinical staff in the Covid 19 era

Abstract: With the pandemic of COVID-19, the demand for Information Systems for the health sector increased. Investing in IS can be an effective strategy to reduce the risk of contagion and to improve medical and administrative decisions. The results found in this research were unanimous regarding the lack of user involvement in the system, the very low formal training, the impact on the quality and waste of information due to the lack of integration between systems and the high risk of their degradation. At a time when the whole society is apprehensive about how to deal with COVID-19 safely, technology is a fundamental ally in the development of alternatives, accelerating innovations. In the current moment of COVID-19, the only resource that manages to connect people to their needs is technology not only as a collaboration tool, but as an information system, reducing the gap and becoming a critical success factor.

Keywords: Resistance, Hospital Information System, COVID-19.

1. Introdução

Os efeitos da nova pandemia mundial, o COVID 19, transformará definitivamente a maneira como a medicina é praticada hoje. A aprovação da teleconsulta ou telemedicina inicialmente condicionada à situação de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) é uma demonstração clara dessa mudança.

A tecnologia terá papel fundamental para a aproximação de pessoas e, a tecnologia da informação será fundamental nesse processo. Uma pesquisa feita pela UPDOX (2020), apontou que 42% dos americanos estão utilizando a telessaúde após o início do COVID-19. As orientações recebidas pelos profissionais de saúde são apoiadas em evidências qualitativas, utilizadas para desenvolver diretrizes clínicas, guias de implementação, avaliações de tecnologias em saúde e sínteses de evidências, que dão referências às decisões dos gestores e profissionais de saúde (Glenton et al. 2016, BOOTH 2017). Os médicos tradicionalmente usavam seu julgamento ao tomar decisões de tratamento, mas nos últimos anos houve um movimento em direção à medicina baseada em evidências, que envolve a revisão sistemática de dados clínicos e a tomada de decisões de tratamento com base nas melhores informações disponíveis (Groves et al., 2013, pp.2 e Carrol, 2017), mais fortalecidos agora. A redução do tempo de espera para início de procedimentos terapêuticos é um dos principais questionamentos para a melhoria da qualidade de vida do paciente e possibilidades de cura (Gonçalves et al., 2018).

Em pesquisa realizada por Marin (2010) estimou-se que os médicos usam cerca de 38% e os enfermeiros 50% do seu tempo escrevendo em formulários. Ainda, 35 a 39% dos custos de um hospital são devido a comunicação entre os profissionais e destes com os pacientes. No total, 12 a 45% do custo em saúde é atribuído aos custos associados com o manuseio da informação (Marin, 2010).

Em termos de saúde dos pacientes, dados do Instituto de Estudos de Saúde Suplementar (IESS) de 2018, mostram que entre erros médicos, falhas assistenciais, processuais ou infecções foram 54,76 mil mortes ou seis mortes a cada hora nos hospitais da rede pública e privada do País. La Forgia e Couttolenc (2009) são muito enfáticos em relação à qualidade do atendimento dos hospitais no Brasil e em seu trabalho identificaram que 30% dos pacientes internados poderiam ser atendidos em outro perfil de serviço

da atenção primária ou em serviços de menor complexidade como o Atendimento Médico Ambulatorial (AMA) e que as internações desnecessárias geram custo de R$ 10 bilhões por ano.

Mesmo já estando na era do *Big Data*, o corpo clínico parece não conhecer os benefícios potenciais a serem obtidos com tal análise (Wang, Kung e Byrd, 2018). Philips-Wren e Hoskisson (2015) afirmam que o *Big Data* pode ser considerado como uma abordagem robusta para explorar dados no contexto de decisões descritivas, prescritivas e preditivas.

A combinação de computadores, redes de telecomunicações, informações médicas e dados eletrônicos de pacientes pode melhorar a qualidade do cuidado de saúde, a produtividade dos profissionais de saúde, facilitar o acesso aos serviços disponíveis e reduzir custos associados à prestação de serviços, alimentando continuamente o processo de inovação médica tão necessária do momento COVID-19 em diante.

A identificação dos principais problemas de Resistência à Sistemas de Informação (RSI) permitirá propor métodos mais adequados de gestão da mudança que tragam mais efetividade na utilização dos sistemas de informação na saúde contribuindo, assim, com um maior aproveitamento dos dados disponíveis, transformando-os em informações relevantes para orientação médica, tomada de decisão e subsidiar os investimentos em programas inovadores, adequados à necessidade da saúde pública no Brasil e no mundo. Investimento precisa ter retorno, e com resistência o retorno tende a ser baixo. De acordo como o Mercado Brasileiro de Software - Panorama e Tendências 2019 da Associação Brasileira de Empresas de Software (ABES), o Brasil se mantém em 9º lugar no ranking mundial de investimentos em TI. De acordo com esse estudo os investimentos em TI (software, hardware e serviços) chegaram a US$47 bilhões, um crescimento de 9,8% em relação a 2017.

Esta pesquisa busca confirmar a existência resistência à sistemas de informação, particularmente a resistência a sistemas de informação em hospitais, apesar do crescente interesse sobre o assunto, o momento atual é propício a essa questão como forma a minimizar os impactos e auxiliar o entendimento do assunto. Portanto, foi proposta a seguinte pergunta de pesquisa: *Como e por que ocorre a resistência à utilização de sistemas de informação hospitalar pelo corpo clínico?*

O objetivo principal da pesquisa foi investigar os principais fatores de resistência à utilização de sistemas de informação hospitalar pelo corpo clínico. Em seguida, como objetivos intermediários foi buscado identificar as teorias e perspectivas pertinentes à RSI e à dinâmica do relacionamento entre os atores humanos e a tecnologia da informação; analisar a importância dos Sistemas de Informação (SI) para as organizações de saúde e descrever como são percebidos os fatores de resistência à utilização de sistemas em hospitais, à luz da Teoria da Resistência a Sistemas de Informação de Lapointe e Rivard (2005).

2. Revisão da literatura

A base teórica utilizou obras que definiram as principais teorias de RSI, iniciadas por Markus (1983) e seguidas por Lapointe e Rivard (2005) reconhecidos como autores de artigos marcantes, inclusive pela quantidade de citações a eles – 3.202 e 1.399

respectivamente, de acordo com Google Scholar (obtidas em 10 de junho de 2020). O conceito de RSI tem evoluído ao longo dos anos , o que tem levado a um incremento no número de publicações científicas sobre esse tema a cada ano. Pesquisa de Indalécio (2017), mostrou, que na linha do tempo, existem publicações sobre o tema RSI desde 1968. Além disso, a análise detalhada desses artigos feitas por Indalecio (2017) identificou uma abordagem primariamente focada nos atores, nas entradas e saídas de dados e informações e não nos antecedentes da RSI. Foram selecionados 90 trabalhos acadêmicos entre artigos, teses e livros pesquisados nas bases de dados da Scopus e Fundação Getúlio Vargas (FGV). Na Scopus foi buscado quaisquer documentos utilizando os termos : Information System Resistance e os filtros: "open acess", "all years", "open access", "subject áreas": computer science, business management e decision sciences tendo sido encontrados 11 artigos. Na Biblioteca FGV, usando operadores boleanos AND e OR os filtros de pesquisa, foram definidos para "resistência AND sistemas de informação" e "resistance AND infomation systems". Entre estes, 69 artigos utilizados foram catalogados conforme sua classificação SJR *(SCImago Journal Rank)* .

O registro de pesquisas em relação à Teoria da Resistência à Sistemas teve início com Gale em 1968 que, de acordo com Indalécio (2017), "levanta as primeiras possiblidades pelas quais um sistema de informação pode sofrer resistência tais como: falha na implantação; esforços mais centrados no sistema do que seu uso; seleção incorreta de usuários e suas demandas; erros no gerenciamento da implantação; incorreta percepção da utilidade real do sistema; ausência de avaliação de impactos na distribuição de poder na organização e falta de noção da real complexidade que envolve a implantação de um novo sistema".

Utilizando três estudos de caso realizados em hospitais que passaram por um processo de implantação de um sistema de informação, Lapointe e Rivard (2005) realizaram uma análise longitudinal sobre o fenômeno denominado resistência. Como resultado de tal análise, percebe-se que as condições iniciais interagem com o objeto de resistência e passam a se configurar como ameaça, seja ela relacionada à perda de poder ou à queda de produtividade, origina comportamento de resistência por parte dos usuários, até que as reações de resistência modifiquem as condições iniciais e o objeto de resistência.

De acordo com Lapointe e Rivard (2005), Khalifa (2013) e Ajami e Bagheri-tadi (2013), a baixa taxa de adoção à Sistemas de Informação Hospitalar (SIH) sugere que a resistência entre o corpo clínico deve ser forte porque eles são a principal linha de frente do grupo de usuários. Outra barreira ao uso de SIHs é a inadequada troca de dados eletrônica entre o SIH e outros sistemas de dados clínicos como laboratório, radiologia e sistemas de referência, além do uso, ainda, de papel como fonte de coleta de dados (Wang, Kung e Byrd, 2018) como descrito por entrevistados desta pesquisa. Tendo em paralelo vários sistemas especialistas e papéis a preencher, força o corpo clínico a alternar entre diversas fontes de consulta, diminuindo o fluxo de trabalho, exigindo mais tempo para inserir manualmente dados de sistemas e aumentando a resistência ao uso do que ainda funciona (Christodoulakis et al., 2017).

De acordo com Ajami e Bagheri-Tadi (2013), a redução da resistência ao uso de SIH requer a presença de determinados atributos relativos ao usuário tais como conhecimento do sistema e treinamento, suporte tecnológicos e apoio dos superiores e pares o que

foi relatado como causa de não uso dos sistemas nesta pesquisa. No caso estudado, a não disponibilidade de funções específicas que facilitam a utilização dos sistemas, a quantidade inadequada de licenças para uso de vários usuários simultâneos e terminais distantes dos postos de trabalho nos hospitais aumentam a resistência. Para reduzir a RSI e que os sistemas tenham um impacto positivo na segurança do paciente e na evolução médica, o corpo clínico deve ser estimulado a usar efetivamente os sistemas existentes (Khalifa, 2013).

Baseado no modelo da Perspectiva Longitudinal de Lapointe e Rivard (2005) foi desenvolvido um framework, conforme a Figura 1, para direcionar a pesquisa, detalhado a seguir.

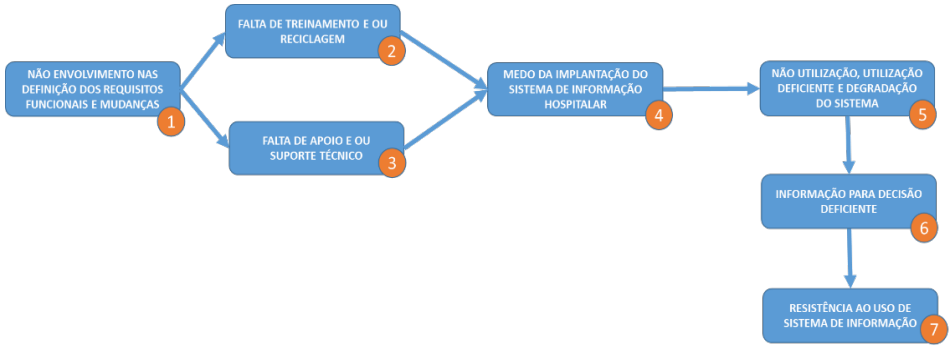


Figura 1 – Framework da RSI em hospitais
Fonte: Adaptado pelo autor com base no Modelo de Lapointe e Rivard (2005).

3. Metodologia

Para responder à questão da pesquisa foi adotada uma abordagem qualitativa, a fim de fazer uma descrição, compreensão e explicação aprofundada e indicada para situações mais complexas dos comportamentos, discursos e situações que se apresentam (Martins; Theóphilo, 2009).

Quanto aos fins, o estudo aqui proposto teve caráter essencialmente exploratório: observar e descrever por que profissionais de saúde não utilizam plenamente SIs hospitalares. A pesquisa exploratória lida com problemas pouco conhecidos, objetivando definir hipóteses ou proposições para futuras pesquisas (Yin, 2001). Quanto aos meios, esta pesquisa foi um estudo de caso único. Estudo de caso é um método que tenta iluminar uma decisão (ou um conjunto delas); por que elas são tomadas, como são implementadas e com que resultados" (Yin, 2001). Estudo de Caso tem caráter de profundidade e detalhamento (Serra et al, 2007). A pesquisa de caso também será de fundamental importância devido a necessidade de analisar o contexto organizacional, com fim de descobrir como e por que ocorre o fenômeno da resistência a sistemas de informação em hospitais.

A escolha do hospital analisado foi baseado nos critérios de representatividade regional – Zona Norte do Rio de Janeiro, porte (médio) e pelo fato de estar ligado a um grande grupo hospitalar o que contribui quanto à criticidade de uso de três diferentes sistemas entre próprios e legados do grupo principal, interligados e não, com entrada de dados comuns, o que foi evidenciado pela entrevista preliminar com o coordenador de TI da instituição. Os resultados oriundos desta pesquisa foram obtidos com base em nove entrevistas semiestruturadas realizadas no período de fevereiro e março de 2020. Os entrevistados em sua maioria possuem nível superior completo e são especialistas em suas áreas com mais de cinco anos de atividade no hospital o que demonstra, na sua maior parte, longo tempo de convívio com os processos e sistemas utilizados. Os sujeitos selecionados para as entrevistas foram os colaboradores do hospital que ocupam cargos técnicos e administrativos, área de tecnologia da informação, corpo de enfermagem, médicos e segurança do trabalho, todos usuários de sistemas de informação em vários setores , não usuários necessariamente do mesmo sistema, buscando assim não demonstrar qualquer particularidade com algum sistema específico.

Como principal instrumento da pesquisa foram realizadas entrevistas semiestruturadas em profundidade, ou seja, não se refere a uma conversa totalmente aberta nem a um questionário estruturado. Para isso foi utilizado um roteiro com 10 questões destinadas a fomentar a apresentação de perspectivas e opiniões por parte dos participantes (Creswell, 2014) a partir dos temas desenvolvido previamente pelo próprio autor. Todos os temas do roteiro foram abordados em todas as entrevistas. Para evitar cortar a linha de raciocínio do entrevistado, a ordem apresentada não foi necessariamente seguida.

Aos participantes da pesquisa foi esclarecido os propósitos do estudo, sua participação voluntária e os procedimentos a serem realizados, com a garantia do sigilo e anonimato conforme Gioia, Corley e Hamilton (2013, pp. 19). Com o intuito de obter a máxima transparência e "verdade" dos resultados da pesquisa, foi explicitado aos participantes a importância de ressaltar, no processo de análise, de forma anônima, trechos das entrevistas capazes de validar as descobertas. Essa prática teve o intuito de desenvolver relações sinceras e proporcionar insumos para as escolhas analíticas. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas juntamente com as notas e apontamento feitos durante o diálogo.

Uma vez com os dados em mãos, foi utilizado técnica da análise do conteúdo das entrevistas com uso codificação aberta, axial e seletiva de acordo com a perspectiva straussiana que tem como principais representantes Anselm Strauss e Juliet Corbin (1990) , que definiram novas etapas para o desenvolvimento da TFD – Teoria Fundamentada nos Dados, com objetivo de tornar a metodologia mais acessível e didática (Santos et al.,2017). Essa perspectiva destaca a posição ativa do pesquisador diante dos dados e na elaboração da teoria, o qual pode buscar apoio teórico antes e durante a coleta e análise de dados.

A análise dos dados foi feita simultaneamente à coleta de dados até a saturação teórica, ou seja, o ponto em que a aprendizagem incremental é mínima, porque os pesquisadores estão observando fenômenos vistos antes (Miles, Huberman, & Saldaña, 2020). Após a coleta dos dados foi utilizado o software NVivo 12 Plus para a análise qualitativa dos dados e codificação do material auxiliando na identificação dos pontos comuns relativos à resistência a sistema de informação.

Trechos de transcrições foram largamente usados, uma vez que podem ser proveitosos em pesquisas qualitativas para melhorar a autenticidade às evidências (Corden e Sainsbury, 2016). Os trechos transcritos e interpretações do pesquisador serviram de base para justificar as cinco proposições que constituem os principais resultados desta pesquisa.

4. Resultados

Após codificar as entrevistas, foi possível relacionar algumas categorias para formar cinco proposições. Todas as proposições corroboram os estudos anteriores sobre SI e podem contribuir para avanços teóricos.

Proposição 1: Quanto maior o desconhecimento do sistema de saúde implantado e suas funcionalidades, maior será a resistência a tal sistema.

Junto com a implantação de um novo software há o treinamento usuários chaves que estão atuando naquele momento nos setores e que utilizarão o sistema. Com o passar do tempo os usuários mudam de setor, são demitidos ou se desligam da organização. Não foi encontrada na literatura estatística confiável, apenas estimativas sem embasamento científico, que aponte a quantidade de usuários originais remanescentes das implantações originais dos sistemas de informação, mas é perceptível pelas entrevistas que houve uma ruptura de conhecimento das funcionalidades.

Proposição 2: Quanto melhor e mais constante for o treinamento e reciclagem dos sistemas utilizados, menor é a resistência aos sistemas de informação em saúde.

Devido à falta de treinamento adequado para utilização do sistema, muitos funcionários não conhecem o suficiente para utilizar o sistema em suas atividades diárias. Dessa forma, também há certa restrição no uso dos sistemas, que é efetivamente utilizado por poucos usuários na organização. Durante as entrevistas ficou evidenciado em cinco delas, a importância do treinamento para os usuários. Muitos deles não tiveram qualquer tipo de treinamento formal, tendo sidos apresentados ao sistema e treinados por colegas de trabalho ou apenas para atender a melhorias nos atuais sistemas.

Proposição 3: Quanto maior a impossibilidade do uso do sistema, maior será a resistência a tal sistema.

Da mesma forma, observa-se que os sistemas não atendem amplamente às necessidades dos diferentes grupos de profissionais, uma vez que existem alguns módulos que não são adaptados para atividades realizadas em determinadas áreas do hospital. Essa restrição de adaptação reflete-se na subutilização das ferramentas disponibilizadas pelo sistema. Outra dificuldade encontrada pelos usuários dos sistemas é que em algumas ocasiões o sistema apresenta problemas de *performance* que acabam gerando um atraso ou até a paralisação temporária de algum tipo de serviço prestado por um determinado setor.

Proposição 4: Quanto maior o medo da implantação do sistema de informação em utilizar o sistema, maior será a resistência a tal sistema.

O medo do novo, representado pela desinformação quanto à utilidade dos sistemas, impacto na sequência das informações ou receio de não saber como utiliza, pode ser traduzido como o medo da mudança e o que ela pode representar como ameaça à posição que a pessoa ocupa atualmente.

Proposição 5: Quanto maior a resistência ao uso dos sistemas implantados, menores serão as informações disponibilizadas para a decisão.

Conforme os autores Teixeira, Ferreira e Santos (2012), a falta de considerações mínimas dos princípios de design centrados no fatores humanos em muitos SIH os tornam muito difíceis de aprender e usar, e essa dificuldade leva a uma forte resistência dos usuários, em alguns casos, leva ao abandono total do SIH ou crescente "erro humano" resultante de um uso incorreto e que ficou evidenciado nas entrevistas.

Existe vasta literatura e teoria que descreve as diferentes formas de resistência à sistemas de informação como bem afirma Markus (pp. 430-444, 1983). Em termos simples, os usuários resistem aos sistemas de informação por causa de seus próprios fatores internos, por causa do mau desenho do sistema e por causa da interação de recursos específicos do desenho do sistema com aspectos do contexto organizacional de uso do sistema.

5. Conclusões

Como resultado da pesquisa, que teve como objetivo responder como e por que ocorre a resistência à utilização de sistemas de informação hospitalar pelo corpo clínico, três fatores de resistência muito importantes emergiram: a falta de treinamento nos sistemas existentes, a indisponibilidade dos sistemas para uso por falta de equipamentos e ou panes e o medo do uso por desconhecimento do sistema.

Uma questão relevante, obtida através das entrevistas e observações *in loco,* é o grande volume de informações tratadas em paralelo aos sistemas tais como papéis, planilhas auxiliares e uso de e-mail para troca de informações importantes como o diário do paciente entre os diversos setores do hospital, dificultando sua manutenção e eventual recuperação já que, por conta do volume diário, são enviados à arquivo físico com grande dificuldade e morosidade de recuperação das informações quando necessário. Foi quase unânime a preocupação dos entrevistados quanto ao desperdício das informações captadas em cada setor e o quanto ela poderia ser útil para o trabalho que realizam, muitas vezes ocasionando reentrada de dados em outras áreas por falta de integração sistêmica.

A maior parte dos entrevistados demonstrou que os usuários de SIH gostariam utilizar mais dos sistemas disponíveis em suas respectivas áreas de desempenho, se a eles fossem dadas a oportunidade de conhecer melhor esses sistemas. Foi clara a evidência de que, apesar de haver interesse em conhecer as funcionalidades disponíveis, não há

prática interna de disseminar o conhecimento através de treinamento e reciclagens. As capacitações quando acontecem na sua maioria são informais e apenas voltada ao uso do que já existe, muitas vezes passadas por quem já executa as tarefas, perpetuando assim possíveis erros de aprendizado. O constante aperfeiçoamento e renovação do conhecimento deve ser sempre preocupação dos gestores e área de suporte de sistemas.

O alto risco de perda de informações e de degradação dos sistemas é outro ponto que surge na pesquisa pela falta do interesse dos usuários, da falta de equipamentos disponíveis em quantidade que atenda à demanda, do interesse dos gestores e do apoio da área de suporte que conta com uma equipe reduzida e, por isso, focada na manutenção do funcionamento normal dos sistemas. O usuário não terá preocupação de ter qualidade no uso do sistema, resistindo a ele, visto que ele não vê, muitas vezes, para que serve o trabalho que faz. O hospital deveria fazer um melhor uso dessas informações utilizando alguma forma mais inteligente, como um BI (*Business Inteligence*), que processasse as informações e as transformassem em indicadores para a gestão dando, assim, feedback importante do uso dos sistemas. É de suma importância que haja a preocupação de todos os responsáveis quanto à riqueza de dados históricos que jamais serão recuperados impossibilitando a evolução do conhecimento no hospital.

O medo do desconhecido (no caso o sistema) faz com que os usuários não queiram utilizar de forma mais aprofundada os sistemas de sua área, não procurando novas maneiras de fazer seu trabalho e os sistemas evoluírem. O medo do desconhecido paralisa as ações e deve haver por parte dos gestores a preocupação de motivar seus subordinados e dar-lhes segurança apoiando-os na busca de mais conhecimento e incentivando-os a buscar desafios.

A partir dessas evidências, foram criadas 5 proposições: (1) Quanto maior o desconhecimento do sistema de saúde implantado e suas funcionalidades, maior será a resistência a tal sistema.; (2) Quanto melhor e mais constante for o treinamento e reciclagem dos sistemas utilizados, menor é a resistência aos sistemas de informação em saúde; (3) Quanto maior a impossibilidade do uso do sistema, maior será a resistência a tal sistema; (4) Quanto maior o medo da implantação do sistema de informação em utilizar o sistema, maior será a resistência a tal sistema e (5) Quanto maior a resistência ao uso dos sistemas implantados, menores serão as informações disponibilizadas para a decisão.

Para pesquisas futuras sugerimos que sejam utilizadas novas abordagens, inclusive quantitativas, que: avaliem em hospitais públicos (municipais, estaduais e federais) e privados, utilizando de ferramentas quantitativas, o grau (%) de conhecimento e utilização das funcionalidades dos sistemas em seus diferentes módulos e funcionalidades; meçam o nível de satisfação dos usuários quanto a eficiência e eficácia dos sistemas adquiridos; avaliem a efetividade dos treinamentos internos e externos. Pesquisas dos tipos descritos acima podem trazer reflexões e novos caminhos para a redução das lacunas na utilização e resistência ao uso dos sistemas de informações clínicas, beneficiando toda a sociedade com redução de custos operacionais, aumento do atendimento e evolução do conhecimento científico.

Referências

Ajami, S., Bagheri-Tadi, T. (2013). Barriers for adopting electronic health records (EHRs) by physicians. *Acta Informática Médica*, 21(2), 129–134. http://dx.doi.org/10.5455/aim.2013.21.129-134

Booth A. (2017). Qualitative evidence synthesis. In: Facey K, editor. Patient involvement in Health Technology Assessment. Singapore: Springer, 187–199. https://www.springer.com/gp/book/9789811040672

Carroll, A. (2017). What We Mean When We Say Evidence-Based Medicine. The New York Times. https://nyti.ms/2DZwT96

Christodoulakis, C.; Asgarian, A.; Easterbrook, S. (2017). Barriers to Adoption of Information Technology in Healthcare. In: Proceedings of ACM CASCON´17, Anais...Toronto. http://dx.doi.org/10.475/123_4

Corden, A. & Sainsbury, R. (2016). Using Verbatim Quotations in Reporting Qualitative Social Research: Researchers' views. University of York: Social Policy Research Unit. https://www.york.ac.uk/inst/spru/pubs/pdf/verbquotresearch.pdf

Creswell, J. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. Thousand Oaks, CA: SAGE. http://fe.unj.ac.id/wp-content/uploads/2019/08/Research-Design_Qualitative-Quantitative-and-Mixed-Methods-Approaches.pdf

Gioia, D.; Corley, K.; Hamilton, A. (2013). Seeking qualitative rigor in inductive research: Notes on the Gioia methodology. *Organizational Research Methods*, 16(1), 15-31. https://doi.org/10.1177/1094428112452151

Glenton C, Lewin S, Norris S. (2016). Chapter 15: Using evidence from qualitative research to develop WHO guidelines. In: Norris S, editor. World Health Organization Handbook for Guideline Development. 2, Geneva: WHO. https://www.who.int/publications/guidelines/Chp15_May2016.pdf?ua=1

Gonçalves, A.; De Castro Silva, S.; Martins, C.; Cheng C.; Barbosa, P; De Oliveira, S. Decision Support Systems in Cancer Treatment: A Case Study at Brazilian National Cancer Institute. Studies in health technology and informatics, v. 251, p. 199-202, 2018.

Groves, PP., Kayyali, B., Knott, D., Kuiken, S. (2013). The "Big Data" Revolution in Healthcare: Accelerating Value and Innovation. *McKinsey & Company*. https://www.ghdonline.org/uploads/Big_Data_Revolution_in_health_care_2013_McKinsey_Report.pdf

IESS – Instituto de Estudos de Saúde Suplementar (2018). Anuário da Segurança Assistencial Hospitalar no Brasil, 2. Disponível em : https://www.iess.org.br/cms/rep/Anuario2018.pdf

Indalecio, A. (2017) Resistência a Sistema de Informação: uma Investigação Multi-paper. Tese (Doutorado em Administração) - Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas – FGV-EAESP, São Paulo, São Paulo. http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/22003

Indalecio, A.; Joia, L. A. (2018). Modelagem Processual Do Fenômeno Da Resistência a Sistemas de Informação. Revista de Administração de Empresas, 58(1), 60–73. https://doi.org/10.1590/s0034-759020180106

Khalifa, M. (2013). Barriers to Health Information Systems and Electronic Medical Records Implementation - A Field Study of Saudi Arabian Hospitals. *Procedia Computer Science*. 21, 335-342. https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.044

La Forgia, G., Couttolenc, B. (2009). Desempenho hospitalar no Brasil: em busca da excelência. São Paulo: Singular. https://www.ibedess.org.br/imagens/biblioteca/62_Desempenho%20Hospitalar.pdf

Lapointe, L.; Rivard, S. (2005). A Multilevel Model of Resistance to Information Technology Implementation. MIS Quarterly, 29(3), 461. https://doi.org/10.2307/25148692

Marin, F. (2010). Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. *Journal of Health Informatics*, 2, 22. http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/4

Markus, M. (1983). Power, politics, and MIS implementation. *Communications of ACM*, 26(6), 430-444. https://doi.org/10.1145/358141.358148

Miles, M. B., Huberman, A. M., Saldaña, J. (2020). Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook, 4, Sage. https://us.sagepub.com/en-us/sam/qualitative-data-analysis/book246128

Santos, A. et al. (2017). Incorporação de Tecnologias de Informação e Comunicação e qualidade na atenção básica em saúde no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 33(5), 1–14. https://doi.org/10.1590/0102-311x00172815

Teixeira, L.; Ferreira, C.; Santos, B. (2012). User-centered requirements engineering in health information systems: A study in the hemophilia field. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 106(3), 160-174. https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.10.007

UPDOX. Updox Survey Reports 42 Percent of Americans Now Using Telehealth https://blog.updox.com/company/news-press-releases/updox-telehealth-patient-survey Acesso em 20/06/2020.

Wang, Y; Kung, L; Byrd, T. (2018). *Big data* analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 3-13. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.12.019

Yin, R. (2001). Estudo de caso: planejamento e métodos. Bookman. https://saudeglobaldotorg1.files.wordpress.com/2014/02/yin-metodologia_da_pesquisa_estudo_de_caso_yin.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 11/10/2020
Aceitação/Acceptance: 31/12/2020

Grau de maturidade da segurança da informação na visão dos gestores da rede pública de hospitais federais do Brasil

José Bredariol Junior, Antônio Augusto Gonçalves[1], Antônio Carlos Magalhães[2], José Geraldo Pereira Barbosa[3], Guilherme Neves Lopes[4], Frederico Sauer Guimarães Oliveira[5]

bredariol@hotmail.com; antonio.agoncalves@estacio.br; antonio.msilva@estacio.br; jose.geraldo@estacio.br; gneves@ime.eb.br; fredsauer@uezo.edu.br

[1] Universidade Estácio de Sá - MADE, 20071-001, Rio de Janeiro, Brazil

[2] Universidade Estácio de Sá - MADE, 20071-001, Rio de Janeiro, Brazil

[3] Universidade Estácio de Sá - MADE, 20071-001, Rio de Janeiro, Brazil

[4] Instituto Militar de Engenharia - IME, 22290-270, Rio de Janeiro, Brazil

[5] Fundação Centro Universitário da Zona Oeste do RJ - UEZO, 23070-200, Rio de Janeiro, Brazil

Pages: 232-243

Resumo: As empresas estão cada vez mais vulneráveis e expostas a ataques virtuais. A segurança da informação é uma questão estratégica que envolve todas as organizações agravado pela contínua incorporação de novas tecnologias e sistemas de informações. A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), marca uma importante iniciativa do Brasil para lidar com a privacidade digital. O objeto desta pesquisa é avaliar o grau de maturidade da segurança de informação dos hospitais públicos federais na visão dos seus gestores. Os resultados apontam que é fundamental que as instituições de saúde pública tenham uma visão real dos desafios e ações para atingir o nível de segurança exigido pela nova legislação.

Palavras-chave: Segurança da Informação; Sáude Pública

Degree of maturity of information security in the view of managers of the public network of federal hospitals in Brazil

Abstract: Companies are increasingly vulnerable and exposed to cyber attacks. Information security is a strategic issue that involves all organizations, aggravated by the continuous incorporation of new technologies and information systems. The General Law on the Protection of Personal Data (LGPD) marks an important initiative by Brazil to deal with digital privacy. The purpose of this research is to assess the degree of maturity of information security in federal public hospitals in the view of their managers. The results show that it is essential that public health institutions have a real view of the challenges and actions to achieve the level of safety required by the new legislation.

Keywords: Information Security; Devices; Connectivity; Hospital Equipment; Public Hospitals.

1. Introdução

Os primeiros processos de adoção da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) no setor de saúde, foram os sistemas administrativos. As funcionalidades clínicas eram incipientes até a década de 90, quando a evolução da TIC permitiu o desenvolvimento de sistemas integrados de gestão em saúde. Porém, a fragilidade das aplicações clínicas neste setor pode ameaçar a segurança do paciente, já que seus prontuátios eletrônicos estão mais vulneráveis a divulgação e adulteração. (BOX; POTTAS, 2014).

Os hospitais armazenam, processam e transmitem enormes quantidades de dados para apoiar os tratamentos e cuidados de saúde de seus pacientes. Garantir a disponibilidade, confiabilidade e integridade desses dados tem sido um grande desafio. Para agravar, o setor de saúde continua sendo um dos mais suscetíveis à invasão de privacidade. A Protected Health Information (PHI) indica que ataques de hackers nessas organizações aumentaram 320% em 2016. (ABOUELMEHDI et al., 2017).

Os principais usuários de TIC das organizações de saúde são médicos, enfermeiros e demais profissionais do corpo clínico que representam um desafio para a segurança por causa de erros ou atos intencionais. O comportamento do usuário é reconhecido como um dos fatores mais relevantes no estudo da segurança da informação. O sucesso da implementação de uma política de segurança depende do equilíbrio entre os recursos técnicos e os programas educacionais. No entanto, existem poucos investimentos em programas de educação em segurança da informação na área de saúde. (BOX; POTTAS, 2014)

O propósito deste artigo foi identificar e descrever o grau de maturidade da segurança da informação na visão dos gestores baseado nas dimensões que influenciam a segurança da informação em organizações de saúde. A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2018.

Para fundamentar o estudo foi utilizado o modelo adaptado de Hassan e Ismail (2012), que investigou os fatores que influenciam a segurança da informação em ambientes hospitalares. Os hospitais públicos que foram analisados na pesquisa atendem a população do estado do Rio de Janeiro.

2. Segurança da Informação

Numa época em que a informação é essencial, a segurança tornou-se uma atividade estratégica. A segurança da informação é o campo que lida com o estudo de mecanismos que visam promover a proteção da informação e garantir um nível de confiança adequado. A explosão do volume de dados causada pelo rápido desenvolvimento dos sensores e aplicações de internet das coisas tornou-se fator de inovações radicais. A internet passou a ser a principal plataforma digital com um público cada vez maior. O número de usuários de internet atingiu 40,6% da população mundial. Diante disso, o desafio da segurança da informação e do impacto das novas tecnologias nos diversos aspectos da sociedade tem sido objeto de discussão e pesquisa. (TERESHCHUK, 2015).

Os sistemas de informação são, com frequência, expostos a vários tipos de ameaça que podem causar diferentes danos com perdas financeiras significativas. Os efeitos das ameaças variam consideravelmente, e alguns afetam a confidencialidade e a integridade dos dados, enquanto outros atingem sua disponibilidade. Atualmente, as organizações estão lutando para entender quais são as ameaças a seus ativos de informação e como obter os meios necessários para combatê-las (JOUINI; RABAI; BEN AISSA, 2014).

Para Mishra et al. (2012), os hospitais estão lutando para proteger as informações de seus pacientes, até porque um estudo recente identificou que as violações de segurança custam ao setor de saúde cerca de US$ 6 bilhões por ano (MOSCARITOLO, 2011).

O setor de saúde é particularmente vulnerável a incidentes que se referem ao uso ilegal das informações confidenciais dos pacientes. A invasão da privacidade ocorre por ações de hackers, que vendem as informações no mercado negro. De fato, aproximadamente 90% das instituições de saúde experimentaram um ciberataque desde 2012, de acordo com o Ponemon Institute (MOHAMMED; MARIANI; MOHAMMED, 2015).

As organizações devem tomar medidas ativas para manter a segurança e a integridade de seus recursos de informação, e em nenhum lugar essa estratégia é mais crítica do que nos serviços de saúde, onde as questões de precisão da informação e da confidencialidade de dados dos pacientes são primordiais (STAHL; DOHERTY; SHAW, 2012).

Hassan e Ismail (2012) elaboraram um modelo que investigou os principais problemas relacionados a segurança da informação no ambiente de saúde. Com base nesse modelo, os autores identificaram sete dimensões relativos a segurança da informação nos serviços de saúde.

Uma das principais razões que levaram a escolha desse modelo foi a adequação aos requisitos a norma International Organization for Standardization 27001 (ISO), que trata da segurança da informação e ainda pela conformidade com o framework Control Objectives for Information and Related Technologies (COBIT) 5.0, conforme descritos nas sete dimensões a seguir. O modelo proposto e suas dimensões estão representados na figura 1.

D1 – Comportamento

O comportamento do usuário é cada vez mais reconhecido como um ponto chave no estudo de conformidade da segurança. Observa-se que a motivação e atitude dos usuários apesar de muito relevantes, não são tratados com atenção. Muitos usuários expõem seus dados por descuido ou por desconhecimento das políticas de segurança. Pesquisadores afirmam que o comportamento dos usuários precisam ser direcionados e monitorados para garantir a conformidade com os requisitos de segurança (VON SOLMS; VON SOLMS, 2004).

D2 – Gerenciamento de Mudanças

A gestão de mudanças procura reduzir a resistência e aumentar o apoio e comprometimento com mudanças no processo, estrutura, tecnologia, sistemas, prática de gestão e cultura (CASTLE; SIR, 2001).

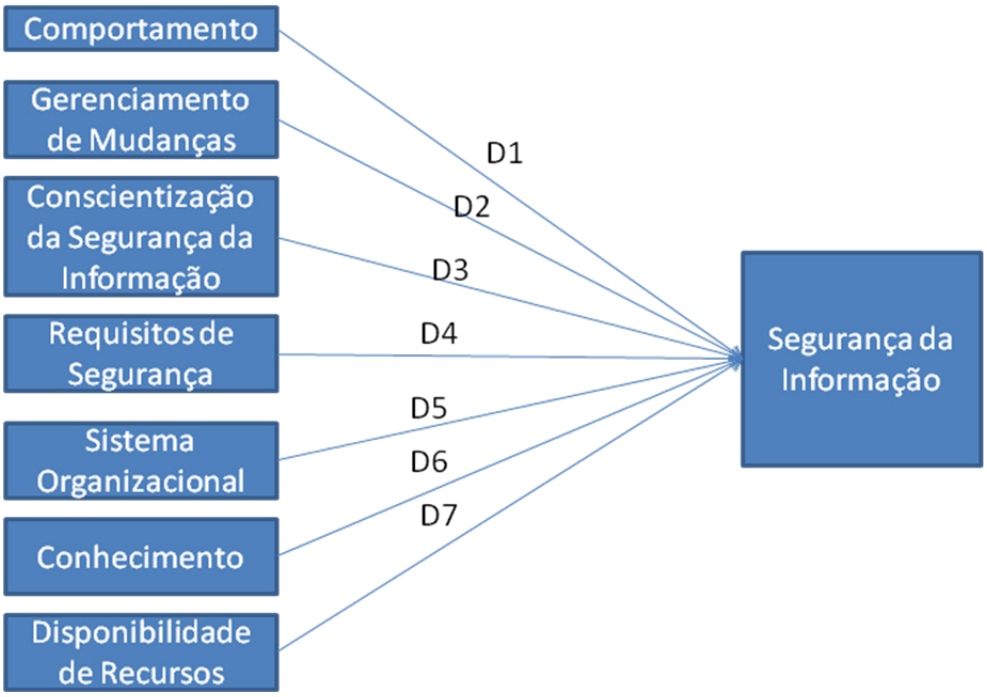


Figura 1 – Diagrama do modelo conceitual das dimensões que influenciam a segurança da informação.

Entender o processo de gerenciamento de mudanças é crucial para uma cultura de segurança da informação bem-sucedida. Além disso, identificar os principais papéis da administração e funcionários no processo de transição permitirá um melhor entendimento de suas responsabilidades. (NGO et al., 2005).

D3 – Conscientização da Segurança da Informação

Galvez e Guzman (2009) identificaram a conscientização como sendo um dos fatores formadores do comportamento e consideram que "quanto maior a conscientização em segurança da informação, maior é a prática de segurança ". Dinev e Hu (2007) descobriram que a conscientização do usuário sobre potenciais riscos e ameaças é um fator determinante da intenção de fazer uso de tecnologias para proteção das informações.

Quanto maior o patrocínio da alta gerência, mais recursos serão alocados para a solução de problemas de segurança (Herath e Rao, 2009). Os pesquisadores enfatizam que investimentos em recursos para a gestão de segurança são essenciais para estabelecer níveis suficientes de conscientização de proteção dos ativos de informações (TSOHOU et al. 2010).

D4 – Requisitos de Segurança

Estudos recentes afirmam que a maior ameaça à segurança da informação é causada por funcionários descuidados que não cumprem as políticas e procedimentos organizacionais de segurança da informação. Os gestores devem entender que a segurança da informação não pode mais depender exclusivamente de controles físicos, necessitando estar em conformidade com as normas e regulamentos internos e externos.(LIM, 2009)

Segundo Suduc et al. (2010), para garantir a conformidade da política de segurança e reduzir os riscos é necessário realizar auditorias de segurança periodicamente pois vulnerabilidades e ameaças mudam conforme o tempo e o ambiente.

É fundamental a criação de políticas que ajudem as organizações a influenciarem o bom desempenho dos colaboradores, a fim de proteger a informação organizacional. Também é importante que a mensagem e o material do treinamento de segurança da informação sejam os mesmos, independentemente do treinador, como também é necessário que tais treinamentos sejam efetuados regularmente, visando aumentar a conscientização dos envolvidos (AHLAN; LUBIS; LUBIS, 2015).

D5 – Sistema Organizacional

As organizações de saúde são complexas, em parte devido a uma confluência de profissões, incluindo médicos, enfermeiros, farmacêuticos e administradores, cada um com interesses que podem ser conflitantes. Neste ambiente, as ameaças a segurança da informação podem ser categorizadas em duas grandes áreas: Organizacional onde as ameaças surgem do acesso inadequado de dados de pacientes por agentes internos que abusam de seus privilégios ou agentes externos que exploram a vulnerabilidade dos sistemas de informação, e ameaças sistêmicas que surgem de uma cadeia de fluxo de informações explorando os dados divulgados além do uso pretendido. (WIN et al. 2006)

A forma mais eficaz para que a organização proteja seus dados e garanta o cumprimento de suas políticas de segurança é através do comprometimento dos gestores em suas atividades diárias, por meio da disseminação da cultura da segurança da informação (CORRISS, 2010).

D6 – Conhecimento

Em um ambiente de mudanças rápidas, onde há uma necessidade crescente de entender as demandas dos clientes e as estratégias dos concorrentes (LIN et al, 2012), o compartilhamento do conhecimento é reconhecido como uma atividade essencial para o sucesso organizacional (WASKO; FARAJ, 2005).

Segundo Desouza (2006), pode haver um paradoxo entre compartilhamento do conhecimento e segurança da informação. Ryan (2006) discute as necessidades da segurança da informação e da gestão do conhecimento e propõe novas pesquisas para ajudar as organizações a gerenciar efetivamente a tensão entre compartilhamento de conhecimento e a segurança da informação.

Apesar do amplo reconhecimento e implementação das duas práticas, o meio termo entre compartilhamento de conhecimento e segurança da informação é uma solução

que tem sido negligenciada. Além disso, existe um conflito natural entre as práticas de compartilhamento de conhecimento e segurança da informação (DESOUZA, 2006; RYAN, 2006).

D7 – Disponibilidade de Recursos

As organizações precisam considerar a segurança da informação como um fator estratégico para o negócio, e não apenas como um fator técnico. No estudo de caso de Haggerty e Ramasastry (2008) sobre a TJX, os pesquisadores descreveram como a falta de investimentos na segurança levou a um grande incidente com perdas financeiras e de clientes.

Haggerty e Ramasastry (2008) afirmam que o fato de não priorizar a segurança de TI pode levar a uma enorme quebra de confiança. Portanto, as organizações que desejam ter sucesso nos negócios devem considerar a segurança de TI como uma prioridade em seu planejamento destinando recursos suficientes para seus projetos.

Segundo Kailar (2007), os ambientes de produção precisam de recursos para garantir que a integridade do sistema seja protegida e que os diversos tipos de ataques sejam combatidos. Isso inclui a implantação de mecanismos como softwares antivírus, configurações do servidor e proteções, como firewalls de rede, firewalls de aplicativos e sistemas de detecção de intrusões.

3. Metodologia

A abordagem metodológica qualitativa foi a escolhida para o desenvolvimento da pesquisa, pois investiga detalhadamente os fenômenos do ambiente estudado – o pesquisador vive e conhece a realidade desse grupo ou ambiente. Na pesquisa qualitativa, o pesquisador participa dessa realidade, a compreende e a interpreta (MICHEL, 2009). A pesquisa terá caráter descritivo, para, dessa forma, apresentar as características dos hospitais federais do município do Rio de Janeiro nos quesitos referenciados nos objetivos deste estudo.

Foram escolhidos, três hospitais federais do Rio de Janeiro para este trabalho: o Instituto Nacional de Câncer (INCA), o Hospital Federal do Andaraí (HFA) e o Hospital Federal da Lagoa (HFL). Essa escolha se baseou nos critérios de acessibilidade e representatividade.

Os sujeitos selecionados para as entrevistas foram os colaboradores que ocupam cargos de gestão e profissionais da equipe de resposta de incidentes ou diretamente ligado à área de segurança da informação com três profissionais em cada hospital, em um total de nove entrevistados.

4. Resultados

Através das entrevistas, foi identificado um comportamento positivo com relação a segurança da informação. Isto pode ser explicado principalmente pelo nível de escolaridade dos entrevistados que possuiam nível superior e pelo longo tempo de trabalho da maioria dos funcionários nas organizações de saúde.

Foi recorrente a menção de problemas com relação a troca de softwares e equipamentos. A maior parte dos entrevistados não tinha conhecimento de como era decidido e efetuado o processo de troca de equipamentos e sistemas de informações.

Por se tratar de hospitais federais, todos enfrentavam rotineiramente problemas relacionados ao processo de licitação para a aquisição de equipamentos e softwares, contratos de manutenção e substituição de equipamentos.

Não foi detectado nenhum programa de treinamento formal relacionado a segurança da informação. O entrevistado E1A afirmou que:[...] treinamento em termos de normas de segurança, não ocorre. Eu acho que cheguei a comentar com você da outra vez, por exemplo, a questão do treinamento online, que a gente teve para usar o sistema do hospital.

Foram identificados treinamentos apenas para a utilização de sistemas de informações e para alguns requesitos básicos de segurança como abertura de email, troca de senhas e níveis de acessos.

De acordo com os dados levantados, apenas um dos hospitais pesquisados tem uma política formal de segurança implementada, conforme relata E2I:

[...]Porque isso é recente; a gente passou a ter um comitê estratégico de gestão de tecnologia da informação. Dentro desse comitê foi publicada uma portaria para criar um comitê de segurança da informação. Essa portaria saiu esse ano, agora do meio para o final do ano. Na realidade, esse comitê está sendo estruturado para justamente cuidar dessa parte toda.

A maioria dos entrevistados percebe a necessidade de implementação de uma política de segurança, que devido a nova lei de proteção a dados (LGPD) que entra em vigor em 2020 tornará esta ação mais urgente.

Em apenas uma unidade hospitalar verificou-se que já foram efetuados testes e auditorias de sistemas, inclusive com a contratação de empresa, brasileira com atuação internacional e especializada em soluções de governança e risco.

Nas demais unidades, as auditorias efetuadas com frequência estão relacionadas aos processos administrativos, como o ponto eletrônico. O entrevistado E2L destaca: "... Estou sendo auditado aqui agora pelo CGU, mas é coisa de horário ..... o que não falta é gente para tomar conta. Para resolver não tem não, agora para tomar conta tem um monte.".

Ainda na questão das auditorias, é importante destacar o entrevistado E2A :

[...]Uma auditoria externa. Na realidade, existe... a própria instituição criou uma área que chama-se controle interno, mas ela é voltada para a instituição como um todo e não está muito focada na questão de segurança de sistemas... a gente tem as auditorias de controle externo... então, por exemplo, TCU, CGU.

Em uma das unidades hospitalares, alguns entrevistados, principalmente aqueles que trabalham diretamente na área da TI, mencionaram a criação de uma equipe específica para os eventos de segurança. Verificou-se que a maioria dos entrevistados se refere

à equipe de TI de forma reativa, ou seja, ela só é acionada após o acontecimento do incidente.

Conforme relato do entrevistado E2I: "...Para todo incidente ou indisponibilidade é aberto um chamado. Nessa base, você vai encontrar essa informação.". Todos os eventos são arquivados, gerando um histórico que pode ser consultado nos sistemas.

Por se tratarem de órgãos públicos federais, os gestores estão sempre limitados a recursos, regulamentos e normas que devem ser cumpridas. Além disso, a alta direção é uma posição política, que pode ser modificada a qualquer momento pelos órgãos superiores.

Ainda assim, existe um consenso que a alta direção tenta promover ações que visam garantir a segurança da informação, mas estão sempre correndo atrás dos recursos necessários, e que nem sempre conseguem o necessário.

Todos os entrevistados ressaltaram que uma melhor divulgação, com a prática constante de treinamento, poderia ter um impacto positivo na segurança da informação.

O que pôde ser observado nos hospitais é que todo o treinamento realizado visava à utilização dos sistemas e à atribuição de senhas de acesso. Mesmo assim, identificou-se uma grave quebra de segurança no que se refere ao uso de senhas de acesso aos sistemas de utilização diária, conforme relatado pelo entrevistado E2A:

[...]Olha, de forma geral, cada um usa sua senha. Por exemplo, no CTI, as prescrições são feitas no computador. Agora, não são todos os médicos que têm senha para acessar o sistema. Então, o que é comum é o médico da rotina não fazer o logout quando vai embora; assim, outro médico plantonista, muitas vezes, continua acessando o sistema com a senha do usuário anterior, sobretudo as prescrições que são feitas em Excel no computador, então, isso realmente não é tão esporádico assim, não, porque, muitas vezes, quem acessa o sistema, quando sai, acaba que não faz o logout.

O principal obstáculo na aquisição de bens e serviços está relacionado ao processo de licitação. A burocracia e a falta de recursos emperram o processo, gerando um enorme atraso no andamento do mesmo.

O entrevistado E2I relata que : [...] Aqui eu posso dizer que a gente é agraciado, a gente consegue ter os recursos... tem dificuldade, já esteve melhor, mas faz parte... tem momentos em que o governo está bem, tem grana, tem vezes que não tem... agora é a época das vacas magras.

Devido a complexidade do processo de licitação e a burocracia envolvida, o prazo de conclusão de todo processo de aquisição de bens e serviços pode chegar a um ano. O entrevistado E1A afirma: [...]Se muitas pessoas fizerem a solicitação de aquisição ou troca de algum equipamento referente à informática, elas têm que fazer um relatório observando, por exemplo, quantos computadores deverão ser adquiridos. Aí tem todo aquele trâmite de licitação, de pesquisa de preço... o processo pode demorar até um ano.

Finalmente, a falta de profissionais para a formação de uma equipe capacitada e comprometida com a segurança da informação também foi identificada, pois o corpo técnico atual dos hospitais federais não cobre nem as atividades de rotina.

6. Conclusões

Esta pesquisa buscou identificar através das sete dimensões do modelo estudado o grau de maturidade da segurança da informação na visão dos gestores dos hospitais da rede pública do Rio de Janeiro.

Com relação ao comportamento, observou-se que os funcionários são o elo mais importante da corrente. Muitos colaboradores têm uma falsa sensação de segurança em relação a tecnologia da informação acreditando que não são responsáveis ou que estão imunes às ameaças. É necessário transformar os hábitos fazendo com que executem suas atividades conforme os requisitos de segurança.

Foi observado que as mudanças de equipamentos e softwares nem sempre são conhecidas e comunicadas em tempo hábil as equipes de técnicos dos hospitais. Os recursos de TI são frequentemente gerenciados pelo governo central e nem sempre as melhores práticas são adotadas, como, por exemplo, o treinamento para utilização de novos sistemas e equipamentos. Outro fator importante são as atualizações dos sistemas e aplicativos, que nem sempre são efetuadas com a frequência necessária e de forma adequada.

A conscientização da segurança da informação ainda está longe do ideal. É necessário garantir que os usuários conheçam as políticas e as pratiquem de forma comprometida e responsável. Foi constatado também a necessidade de alertar os colaboradores sobre as possíveis ameaças e a necessidade de se examinarem periodicamente os serviços de rede.

Com relação aos requisitos de segurança foi observado o início de um amadurecimento. Uma das unidades estudadas relatou o processo de auditoria nos sistemas e testes de invasão.

Foi verificado também uma carência de pessoal qualificado dificultando ainda mais a criação das políticas de segurança e a realização de auditorias e treinamentos. È fundamental formar uma equipe especializada que será responsável pela disseminação do conhecimento.

Todos os entrevistados relataram o problema relacionado a disponibilidade de recursos. Há dificuldade de investimentos em todas as áreas, incluindo a segurança da informação. Há uma lentidão no processo de licitação, onde todo o processo de compras dura aproximadamente um ano. Essa lentidão pode causar aquisições de software e hardware obsoletos.

Neste cenário, pode-se concluir que existem muitos desafios relacionados a implantação de uma política de segurança da informação efetiva nos hospitais federais pesquisados. Entretanto, foi observado que está crescendo a conscientização dos gestores sobre a importância de garantir a proteção dos dados e dos dispositivos eletrônicos destas instituições.

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), que entra em vigor em agosto de 2020 deverá mudar significativamente as obrigações das empresas com relação ao tratamento e armazenamento dos dados coletados dos clientes. É de extrema importância que as

instituições de saúde pública tenham uma visão real de seus problemas e dos desafios para atingir o nível de segurança exigido pela nova legislação.

Referências

Abouelmehdi, K.; Beni-Hssane, A.; Khaloufi, H.; Saadi, M. Big data security and privacy in healthcare: a review. Procedia Computer Science, v. 113, p. 73–80, 2017.

Ahlan, r.; Lubis, m.; Lubis, A. R. Information security awareness at the knowledge-based institution: its antecedents and measures. Procedia Computer Science, v. 72, p. 361 – 373, 2015.

Box, D.; Pottas, D. A model for information security compliant behavior in the healthcare context. Procedia Technology, v. 16, p. 1462-1470, 2014.

Castle D, Sir M. Organization development: a framework for successful information technology assimilation. Organization Development Journal v. 19, n. 1, p. 59-72, 2001.

Corriss, L. Information security governance: integrating security into the organizational culture. In: GOVERNANCE OF TECHNOLOGY, INFORMATION AND POLICIES, 10., 2010, Austin, Texas, USA. Proceedings... p. 35-41

Desouza, K.C. Knowledge security: an interesting research space. Journal of Information Science and Technology, v.3, n.1, p.1-7, 2006.

Dinev, T.; Hu, Q. The centrality of awareness in the formation of user behavioral intention toward protective information technologies. Journal of the Association for Information Systems, v. 8, n. 7, p. 386-408, 2007.

Galvez, S. M.; Guzman, I. R. Identifying factors that influence corporate information security behavior. In: AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (AMCIS), 15., 2009, San Francisco, California. Proceedings...Paper 765, 2009.

Gonçalves, Antonio Augusto; De e Castro Silva, Sandro Luís Freire ; Martins, C. H. F. ; Cheng C. ; Barbosa, José Geraldo Pereira ; De Oliveira, Saulo Barbará . Decision Support Systems in Cancer Treatment: A Case Study at Brazilian National Cancer Institute. STUDIES IN HEALTH TECHNOLOGY AND INFORMATICS, v. 251, p. 199-202, 2018.

Haggerty N. R. D.; Ramasastry C. S. Security breach at TJX. Harvey Business Review, 2008.

Hassan, N. H.; Ismail, Z. A conceptual model for investigating factors influencing information security culture in healthcare environment. Procedia Social and Behavioral Sciences, v. 65, p. 1007-1012, 2012.

Herath, T.; Rao, H. R. Encouraging information security behaviors in organization: role of penalties, pressures and perceived effectiveness. Decision Support System, v. 47, n. 2, p. 154-164, 2009.

Jouini, M.; Rabai, L. B. A.; Ben Aissa, A. Classification of security threats in information systems. Procedia Computer Sciences, v. 32, p. 489-496, 2014.

Kailar R. A security architecture for health information networks. AMIA Annual Symposium Proceedings, v. 2007, p. 379–383, 2007.

Lim, J. S.; Chang, S.; Maynard, S.; Ahmad, A. Exploring the relationship between organizational culture and information security culture. AUSTRALIAN INFORMATION SECURITY MANAGEMENT CONFERENCE, 7., Perth, Western Australia, 2009. Proceedings...

Lin, R-J.; Che, R-H.; Ting, C-Y. Turning knowledge management into innovation in the high-tech industry. Industrial Management & Data Systems, v. 112; n. 1, p.42-63,2012.

Michel, M. H. Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Mishra, S.; Leone, G. J.; Caputo, D. J.; CalabrisI, R. R.; Draus, P. The role of demographic characteristics in health care strategic security planning. In: AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 18., 2012, Seattle, Washington. Proceedings...

Mohammed, D.; Mariani, R.; Mohammed, S. Cybersecurity challenges and compliance issues within the U.S. healthcare sector. International Journal of Business and Social Research, v. 5, n. 2, p. 55-66, 2015.

Moscaritolo, A. Breaches cost health care industry $6 billion annually. 2011 Disponível em: https://www.scmagazine.com/home/security-news/breaches-cost-health-care-industry-6-billion-annually/

Ngo L.; Zhou W.; Warren M. Understanding transition towards information security culture change. In: VALLI, C.; WOODWARD, A. Proceedings of the 3rd Australian Computer, Network & Information Forensics Conference. Perth, W.A: Cowan University, School of Computer and Information Science, 2005. p. 67-73.

Ryan, J. J .C. H. Knowledge management needs security too. Vine, v.36, n.1, p.45-48, 2006.

Stahl, B. C.; Doherty, N. F.; Shaw, M. Information security policies in the UK healthcare sector: a critical evaluation. Information Systems Journal, v. 22, n. 1, p. 77-94, 2012.

Suduc, A-M.; Bîzoi, M.; Filip F. G. Audit for information systems security. Informatica Economica, v. 14, n. 1, p. 43-48, 2010.

Tereshchuk V.I. The problem of the internet governance as a factor of international and national information security. Studia Humanitatis, n. 2, 2015.

Tsohou, A.; Karyda, M.; Kokolakis, S.; Kiountouzis, E. Aligning security awareness with information systems security management. Journal of Information System Security, v.6, n.1, p. 36-54, 2010.

Von Solms, B.; Von Solms, R. The 10 deadly sins of information security management. computers and security. Computers and Security, v. 23, n. 5, p. 371-376, 2004.

Wasko, M. M.; Faraj, S. Why should I share? Examining social capital and knowledge contribution in electronic networks of practice, MIS Quarterly, v. 29, n. 1, p. 35-57, 2005.

Win, K. T.; Susilo, W.; MU, Y. Personal health record systems and their security protection. Journal of Medical Systems, v.30, n. 4, p. 309–315, 2006

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/10/2020
Aceitação/Acceptance: 24/12/2020

Inferencia Variacional para la estimación de mortalidad COVID-19 en Portoviejo

Ulbio Durán[1,2], Luis Sánchez[2,3], Graciela Uzcanga[4], Andrés Ortiz[5]

ulbio.duran@utm.edu.ec; luis.sanchez@utm.edu.ec; graciela.uzcanga@utm.edu.ec; andres.ortiz@portoviejo.gob.ec

[1] Estudiante de la Maestría con Trayectoria en Investigación en Matemática, Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

[2] Departamento de Matemática y Estadística, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

[3] Departamento de Matemática y Física, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo, Venezuela.

[4] Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

[5] Dirección Cantonal de Planificación para el Desarrollo / GAD Municipal de Portoviejo, Ecuador.

Pages: 244-257

Resumen: La pandemia del síndrome respiratorio agudo severo causado por SARS-CoV-2 ha provocado millones de casos y un alto número de muertes, alterando la dinámica poblacional, causando un fuerte impacto socio-económico, colapso en el sistema de salud, colapso en el sistema de educación, entre otros. En este trabajo, se propone un modelo de regresión logística para estudiar la dinámica de fallecidos, se implementan dos algoritmos computacionales IVDA y NUTS que permiten generar la distribución posterior en altas dimensiones. La interpretación de los parámetros es importante porque están relacionados con la variable de muerte por COVID-19 y asociados a COVID-19. Las estimaciones de los algoritmos son ilustrados usando datos reales del Cantón de Portoviejo; se demuestra que la propuesta describe en forma adecuada y confiable la dinámica de fallecidos. Para medir la calidad de estimación de los algoritmos, se utilizó tres medidas de bondad de ajuste. Los errores estimados son insignificantes.

Palabras-Claves: COVID-19, Inferencia Variacional Diferenciación Automática, Muestreador No-U-Turn**.**

Variational Inference for the estimation of COVID-19 mortality in Portoviejo

Abstract: The severe acute respiratory syndrome pandemic by SARS-CoV-2 is caused, millions of confirmed cases and a high number of deaths are reported, the population dynamics are altered, a strong socio-economic impact, the collapse in the health system, the collapse in the education system, unemployment, are caused, among others. In this work, a logistic regression model is proposed, the dynamics

of deaths in the period of the pandemic is modeled, two computational algorithms IVDA and NUTS are implemented, the posterior distribution in high dimensions is generated. The interpretation of the parameters is important, that to the variable of deaths from COVID-19 or no COVID-19 are related. The algorithms through real data are illustrated, the proposed model with adequately and reliably of the dynamic of the randomness of the deceased is shown. To measure the relative success of the algorithms, three goodness-of-fit measures are estimated. Obtaining small errors.

Keywords: COVID-19, Variational Inference Automatic Differentiation, No-U-Turn Sampler.

1. Introducción

Los virus SARS son patógenos importantes en humanos y vertebrados. Estos pueden infectar los sistemas respiratorio, gastrointestinal, hepático y nervioso central de humanos, así como de ganados, aves, murciélagos, ratones y de muchos otros animales salvajes. Los coronavirus (CoV) pertenecen a la familia Coronaviridae del orden Nidovirales. Se conocían seis CoV causantes de enfermedades en humanos, los CoV altamente patógenos corresponden al Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS-CoV) y al Síndrome Respiratorio Medio Oriente (MERS-CoV), los cuales, infectan predominantemente las vías respiratorias inferiores y pueden causar neumonía fatal (Ruiz Bravo & Jiménez Valera, 2020). El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud declaró el SARS-COV-2 pandemia global, por tanto, mediante Acuerdo Ministerial No 00126-2020 emitido el 11 de marzo, donde se declara el Estado de Emergencia Sanitaria en el Sistema Nacional de Salud. El objetivo de este trabajo es proponer nuevas metodologías de estimación y predicción de modelos matemáticos estocásticos que permitan comprender la dinámica de fallecidos por la enfermedad emergente, trabajos similares han sido desarrollados por (Lipsitch, y otros, 2015), (Battegay, y otros, 2020), (Wang, y otros, 2020), (Riou, Hauser, Counotte, & Althaus, 2020), (Ghani, y otros, 2005), (Sung-mok, y otros, 2020). En la actualidad es necesario desarrollar y validar nuevas metodologías en esta área que puedan ayudar a los entes en los Ministerios de Salud Pública a la toma de decisiones en la prevención y respuesta; es decir, diseñar estrategias que permitan minimizar o detener la propagación del virus que por su naturaleza tiene un crecimiento exponencial. Desde el punto de vista epidemiológico la mejor estrategia para detener la transmisión de un agente infeccioso es el uso de vacunas; sin embargo, ante la aparición de un nuevo agente infeccioso, como el SARS-CoV-2 con un número básico de reproducción muy alto, se debe recurrir a otras medidas de mitigación para deducir el impacto sobre poblaciones, mientras se desarrollan vacunas eficaces y seguras. Algunas de las estrategias podrán ser medidas de control tales como: cuarentenas, aislamientos, cierre de escuelas, universidades, aeropuertos y puertos, etc.

Los modelos bayesianos jerárquicos son un pilar de las comunidades de estadística y del aprendizaje automático. Sin embargo, la inferencia de la distribución posterior exacta en tales modelos rara vez son manejados, por lo que investigadores y otros profesionales generalmente deben recurrir a métodos de inferencia estadística aproximada. Al realizar la inferencia bayesiana deseamos aproximar la distribución posterior de las variables latentes dados algunos datos (observaciones) $p(z|x)$ el problema es que la integral que

involucra la distribución de interés es a menudo intratable y se debe usar métodos numéricos; la caracterización de la distribución posterior se realiza generalmente utilizando los métodos de Markov Chain Monte Carlo (MCMC) mediante muestreo repetido de la distribución. En cambio, con la inferencia Variacional, la idea básica es elegir una aproximación $q(.)$ a la distribución posterior de alguna familia manejable, y luego se trata de hacer esta aproximación lo más cercana posible al verdadero posterior, $p(.)$; es decir, dado un modelo de variables latentes y observadas $(x;\ z)$, la inferencia variacional propone una familia de distribuciones sobre sus dos variables latentes y luego encuentra al miembro de esa familia más cercano a la distribución posterior, $p(z|x)$, este proceso se formaliza típicamente como minimizar una divergencia Kullback-Leibler (kl) de la aproximando la familia $q(.)$ a la posterior $p(.)$. La Inferencia Variacional es desarrollada en la década de los noventa, los avances recientes han escalado en la computación bayesiana en datos masivos, proporcionando estrategias de caja negra para inferencias genéricas de la distribución posterior de un modelo. Las innovaciones en el análisis bayesiano han eliminado las cargas analíticas que tradicionalmente han grabado su práctica. La Inferencia Variacional es un término general para los algoritmos que proyectan la inferencia bayesiana como optimización (Jordan, Ghahramani, Jaakkola, & Saul, 1999), proporcionó estrategias de caja negra para inferencias genéricas en muchos modelos (Ranganath, Gerrish, & Blei, Black box variational inference., 2014) y permitió aproximaciones más precisas de la parte posterior de un modelo sin sacrificar eficiencia (Rezende & Mohamed, 2015), (Ranganath, Tran, & Blei, 2016). En este artículo, se revisa la Inferencia Variacional a partir de su principio central como un problema de optimización. Se propone una estructura de regresión logística para modelar el número de fallecidos producidos por COVID-19 y asociados a COVID-19 en el Cantón Portoviejo. Para determinar la distribución posterior del modelo propuesto se utilizan dos algoritmos de Inferencia Variacional, específicamente, Algoritmo Inferencia Variacional Diferenciación Automática (IVDA) y muestreador No-U-Turn; se utilizan tres medidas de bondad de ajuste para validar la exactitud de la estimación del modelo propuesto. El resto del artículo es organizado como sigue: se introduce el problema y se plantea el modelo a estudiar en la sección 2, en la sección 3 se describen los algoritmos computacionales utilizados para estimar la proyección de fallecidos, además se describen tres medidas de bondad de ajuste, en la sección 4 se discuten los resultados de la aplicación real y se establecen las comparaciones con los métodos estándar, en la sección 5 se establecen las discusiones y conclusiones.

2. Inferencia Variacional

La Inferencia Variacional convierte la inferencia posterior aproximada en un problema de optimización (Wainwright & Jordan, 2008), (Blei, Kucukelbir, & McAulie, 2016). Considere una familia de densidades aproximadas de las variables latentes $q(z, \phi)$, parametrizadas por un vector $\phi \in \Phi$. La Inferencia Variacional encuentra los parámetros que minimizan la divergencia KL hacia la posterior,

$$\phi^* = arg_{\phi \in \Phi} \min KL(q(z, \phi) \parallel p(z|x)) \quad (1)$$

el optimizado $q(z,\phi)$ sirve como una aproximación a la posterior. La función de divergencia es el objetivo variacional, una función tanto de la distribución posterior como de la aproximada. Los objetivos variacionales útiles dependen de dos propiedades: primero, optimizar la función produce una buena aproximación posterior; en segundo lugar, el problema es tratable cuando la distribución posterior se conoce hasta una constante. La construcción clásica que satisface estas propiedades es el límite inferior de evidencia (ELBO),

$$L(\phi) = E_{q(x)}[\log p(x,z) - \log q(z,\phi)] \tag{2}$$

se maximiza cuando $q(z) = p(z|x)$ y solo depende de la distribución posterior hasta una constante manejable, $logp(x,z)$. El ELBO ha sido el foco de gran parte de la literatura clásica. Maximizar el ELBO equivale a minimizar la divergencia kl hacia el posterior, y las expectativas son analíticas para una gran clase de modelos (Ghahramani & Beal, 2001), (Jordan, Ghahramani, Jaakkola, & Saul, 1999), (Bishop, 2006). Optimizar la divergencia kl implica una restricción de que el soporte de la aproximación $q(z,\phi)$ se encuentra dentro del soporte de la posterior $p(z|x)$. Con esta restricción explícita, el problema de optimización de la ecuación 1 se convierte en

$$\phi^* = arg_{\phi\in\Phi} \max L(\phi) \text{ tal que } \sup(q(z,\phi)) \subseteq \sup(p(z|x)) \tag{3}$$

sin embargo, el soporte de la parte posterior también puede ser desconocido. Entonces, asumimos además que el soporte del posterior es igual al del anterior, $sup(q(z,\phi)) = sup(p(z|x))$. Esta es una suposición benigna, que se aplica a la mayoría de los modelos considerados en el aprendizaje automático. En detalle, se mantiene cuando la probabilidad no restringe la prioridad; es decir, la probabilidad debe ser positiva en el espacio muestral para cualquier extraído del anterior.

2.1. Inferencia Variacional para la Regresión Logística

En este contexto, la probabilidad $p(y|x,z)$ es distribuida como una variable aleatoria Bernoulli, cuyo parámetro p es determinado por la variable latente z y la data x, $Bern(\sigma(z^T x_i))$, $con\ i = 1,\dots,n$ según la aproximación n del campo medio, la distribución de $q(z|\phi)$ es igual al producto de distribuciones normales condicionalmente independientes $\prod_{j=1}^{p} N(z_j|\mu_j,\sigma_j^2)$ cada uno gobernado por parámetros, $\mu\ y\ \sigma, \phi = \{\mu_j,\sigma_j^2\}_{j=1}^{p}$ se descompone el gradiente de $L(\phi)$ para mostrar cómo podemos evaluarlo para la regresión logística $\Delta_\lambda logq(z|\phi)$.

Dado que σ_j^2 está restringido a ser positivo, optimizaremos en su lugar sobre $\alpha_i = log(\sigma_j^2)$. Primero, al evaluar la función, es fácil de ver

$$\nabla_{\mu_j} logq(z|\lambda) = \nabla_{\mu_j} \sum_{i=1}^{p} -\frac{log(\sigma_i^2)}{2} - \frac{(z_i-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2} = \frac{(z_i-\mu_i)}{\sigma_i^2} \tag{4}$$

y

$$\nabla_{\alpha_j} logq(z|\lambda) = \nabla_{\alpha_j}(\sum_{i=1}^{P} -\frac{log(\sigma_i^2)}{2} - \frac{(z_i-\mu_i)^2}{2\sigma_i^2}) * \nabla_{\alpha_j}(\sigma_j^2) = -\frac{1}{2\sigma_j^2} + \frac{(z_i-\mu_i)^2}{2(\sigma_i^2)^2} \quad (5)$$

tenga en cuenta que usamos la regla de la cadena en la derivación de $\nabla_{\alpha i} logq(z|\lambda)$. Para la log-verosimilitud de los datos, podemos descomponer $logp(y,x,z) = logp(y|x,z) + logp(z)$, usando la regla de la cadena de la probabilidad (considerenado *x* como una constante). Por lo tanto, es sencillo calcular

$$logp(y,x,z) = \sum_{i=1}^{N}[y_i log(\sigma(z^T x_i)) + (1-y_i) log(1-\sigma(z^T x_i))] + \sum_{j=1}^{P} log\varphi(z_j|0,1) \quad (6)$$

$$logq(z|\phi) = \sum_{j=1}^{P} log\varphi(z_j|\mu_j, \sigma_j^2) \quad (7)$$

la notación $\phi(z_j|\mu_j, \sigma_j^2)$ se refiere a evaluar la función de densidad de probabilidad normal estándar con media μ y varianza σ^2 en el punto zj_j. Entonces, para calcular el gradiente del límite inferior, solo necesitamos tomar una muestra de $q(z|\phi)$.

3. Métodos para maximizar el ELBO

3.1. Inferencia Variacional Diferenciación Automática (IVDA)

Un método para maximizar el ELBO es la Inferencia Variacional de diferenciación automática (IVDA). Este método es basado en gradientes. Se utiliza un método iterativo para obtener φ^*. Donde se requiere calcular las derivadas de ELBO con respecto a los parámetros. Este método se basa en una representación de variables conocidas como números duales para calcular gradientes de manera inteligente y eficiente. Se asume que todos los parámetros del modelo son continuos. En IVDA, ELBO se reescribe primero como

$$ELBO(\phi) = E_{q(\zeta,\phi)}[logp(data, T^{-1}(\zeta)) + log|detJ_{T^{-1}}(\zeta)| - logq(\zeta,\phi)] \quad (8)$$

donde *T* es una función que transforma *z* a ζ, donde $\zeta \in \boldsymbol{R}^{\dim(z)}$. Esto es, $T: supor(z) \rightarrow \boldsymbol{R}^{\dim(z)}$. Por lo tanto, la densidad de la conjunta logarítmica de los datos y los parámetros del modelo debe agregarse con el valor absoluto logarítmico del determinante del Jacobiano. Específicamente, para estimar el ELBO, se puede muestrear valores de las distribuciones variacionales y evaluar la expresión dentro de la expectativa anterior. Para maximizar el ELBO, se requiere el gradiente del ELBO con respecto a los parámetros variacionales. Es decir,

$$\nabla_{\phi} ELBO(\phi) = \nabla_{\phi} E_{q(\zeta,\phi)}[logp(data, T^{-1}(\zeta)) + log|detJ_{T^{-1}}(\zeta)| - logq(\zeta,\phi)] \quad (9)$$

Algoritmo Inferencia Variacional Diferenciación Automática (IVDA)

- **Entrada.** Data $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}_{1:N}$, modelo de $\boldsymbol{p}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{z})$
  - Para $\boldsymbol{i} = \boldsymbol{0}$
  - Inicializar $\boldsymbol{\mu}^{(0)} = \boldsymbol{0}$
  - Inicializar $\propto^{(0)} = \boldsymbol{0}$
  - Mientras, el cambio en ELBO está por encima de algún umbral, hacer
    - $\boldsymbol{M}$ muestras $\eta_m \sim N(0, I)$.
    - Invertir la estandarización $\boldsymbol{\zeta_m} = \boldsymbol{diag}(\boldsymbol{exp}(\boldsymbol{\alpha}^{(i)}))\boldsymbol{\eta_m} + \mu^{(i)}$
    - Aproximar $\boldsymbol{\nabla_\phi ELBO}(\boldsymbol{\phi})$ usando integración Monte Carlo en las ecuaciones (4) y (5).
    - Actualizar $\mu^{(i+1)} \leftarrow \mu^{(i)} + \boldsymbol{\rho}^{(i)} \boldsymbol{\nabla_\mu ELBO}(\boldsymbol{\varphi})$ y $\boldsymbol{\alpha}^{(i+1)} \leftarrow \boldsymbol{\alpha}^{(i)} + \boldsymbol{\rho}^{(i)} \boldsymbol{\nabla_\alpha ELBO}(\boldsymbol{\varphi})$

  Fin
- **Salida.** $\mu^* \leftarrow \mu^{(i)}$ y $\boldsymbol{\alpha}^* \leftarrow \boldsymbol{\alpha}^{(i)}$

3.2. Muestreador No-U-Turn (NUTS)

NUTS selecciona automáticamente un valor apropiado para L en cada iteración con el fin de maximizar la distancia en cada paso de salto y evitar un comportamiento de caminata aleatoria. Sea Q la mitad de la distancia al cuadrado entre la posición actual θ^* y la posición inicial θ en cada paso de salto. El objetivo es ejecutar pasos de salto hasta que θ^* comience a retroceder hacia θ, lo cual se logra mediante el siguiente algoritmo, en el que se ejecutan pasos de salto hasta que la derivada de Q con respecto al tiempo sea menor que 0:

$$\frac{\partial Q}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \tau} \frac{(\partial\theta^* - \partial\theta)'(\partial\theta^* - \partial\theta)}{2} \tag{10}$$

$$= (\partial\theta^* - \partial\theta)'\mathbf{p} < 0 \tag{11}$$

sin embargo, este algoritmo no garantiza la reversibilidad o la convergencia a la distribución correcta. NUTS resuelve este problema aplicando un método de duplicación para el muestreo de cortes (Neal, 2003). El muestreo Slice es un método MCMC para el muestreo de una distribución de probabilidad. Para obtener muestras de θ de la distribución objetivo $f(\theta)$, introducimos una variable auxiliar u y una distribución conjunta $f(u, \theta)$. Esta distribución conjunta se define de la siguiente manera:

$$f(u, \theta) = \begin{cases} 1/z & \text{if } 0 \le u \le \pi(\theta) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{12}$$

donde $z = \int \pi(\theta)d\theta$ y $\pi(\theta)$ es un núcleo de $f(\theta)$. La distribución marginal de $f(u,\theta)$ es la siguiente:

$$\int f(u,\theta)du = \int_0^{\pi(\theta)} \frac{1}{Z}du = \frac{\pi(\theta)}{Z} = f(\theta) \tag{13}$$

por lo tanto, podemos muestrear θ de la distribución objetivo tomando muestras de $f(u,\theta)$ y luego ignorando u. En el muestreo Slice, estos procedimientos se realizan muestreando alternativamente u y θ. En el primer paso, fijamos θ y muestreamos u uniformemente para satisfacer $u \leq \pi(\theta)$:

$$p(u|\theta) \sim Uniform(0, \pi(\theta)) \tag{14}$$

Luego, fijamos u y muestreamos θ uniformemente a partir de la región cortada horizontal S definida por:

$$S = \{\theta : u \leq \pi(\theta)\} \tag{15}$$

En el algoritmo de muestreo Slice, el desafío es encontrar los límites de S. Por lo tanto, (Neal, 2003) propuso un método de duplicación en el que el tamaño de un segmento inicial que contiene el valor actual de θ se elige al azar y el segmento se expande duplicando su tamaño hasta que los puntos finales estén fuera de S. Las direcciones de expansión se eligen aleatoriamente desde adelante o hacia atrás. Se obtiene un subconjunto del candidato θ del segmento generado por el proceso de duplicación. NUTS comienza introduciendo u con la siguiente distribución uniforme:

$$p(u|\,\partial\theta) \sim Uniform(0, e^{\log f(\partial\theta) - \frac{1}{2}\mathbf{p}'\mathbf{M}^{-1}\mathbf{p}}) \tag{16}$$

NUTS genera un conjunto finito de todos (θ, p) duplicando repetidamente su tamaño. La duplicación procede tomando aleatoriamente pasos hacia adelante y hacia atrás para satisfacer la reversibilidad del tiempo. El proceso de duplicación se detiene para satisfacer lo siguiente:

$$(\partial\theta^+ - \partial\theta^-)'\mathbf{p}^- < 0 \;\text{ ó }\; (\partial\theta^- - \partial\theta^+)'\mathbf{p}^+ < 0 \tag{17}$$

donde θ^+, p^+, y θ^-, p^-, son los más a la izquierda y más a la derecha θ, p de todos (θ, p) generados por el proceso de duplicación, respectivamente. Aquí, sea C un subconjunto de estados candidatos (θ, p). En NUTS, C se selecciona de (θ, p) generado por el proceso de duplicación para satisfacer lo siguiente:

$$u \leq \exp\,(\log\, f(\partial\theta) - \frac{1}{2}\mathbf{p}'\mathbf{M}^{-1}\mathbf{p}) \tag{18}$$

Los siguientes valores de (θ^*, p^*) se muestrean uniformemente de *C*. Para mejorar aún más este algoritmo, Hoffman y Gelman 11 utilizaron el siguiente núcleo de transición sofisticado en cada paso de la duplicación:

$$T(\partial\theta^*, \mathbf{p}^* | \partial\theta, \mathbf{p}, C) = \begin{cases} \frac{I[\partial\theta^*, \mathbf{p}^* \in C^{new}]}{|C^{new}|} & Cuando |C^{new}| > |C^{old}| \\ \frac{|C^{new}|}{|C^{old}|} \frac{I[\partial\theta^*, \mathbf{p}^* \in C^{new}]}{|C^{new}|} + \left(1 - \frac{|C^{new}|}{|C^{old}|}\right) I[(\partial\theta^*, \mathbf{p}^*) = (\partial\theta, \mathbf{p})] & Cuando |C^{new}| \leq |C^{old}| \end{cases} \quad (19)$$

donde $I[.]$ es 1 si la expresión entre paréntesis es verdadera y 0 si es falsa, C^{new} es el subconjunto de (θ, p) agregado por el último paso de la duplicación, y C^{old} es el subconjunto disjunto de C tal que $C = C^{new} \cup C^{old}$ y $(\theta, p) \in C^{old}$. Este núcleo de transición T propone un movimiento de C^{old} a un estado aleatorio en C^{new}, y acepta el movimiento con probabilidad $\frac{|C^{new}|}{|C^{old}|}$. En pasos de salto, T permite una implementación eficiente en memoria y produce saltos más grandes en promedio que el muestreo uniforme simple.

La implementación eficiente de NUTS se basa en la probabilidad de aceptación. Cuando la probabilidad de aceptación es demasiado alta, el tamaño del paso es pequeño, por lo que se necesitan muchos pasos de salto para generar el subconjunto C. (Hoffman & Gelman, 2014) informaron que una probabilidad de aceptación de 0,6 era el equilibrio óptimo. NUTS puede elegir automáticamente un tamaño de paso que logre una probabilidad de aceptación alrededor del nivel deseado (Nesterov, 2009), que es una de las optimizaciones estocásticas. El proceso de ajuste de ε para la j-ésima iteración de una cadena de Markov en NUTS es el siguiente:

$$\log(\varepsilon_{j+1}) \leftarrow \mu - \frac{\sqrt{j}}{\gamma} \frac{1}{j + j_0} \sum_{i=1}^{j} (\delta - \alpha_j) \quad (20)$$

$$\log(\bar{\varepsilon}_{j+1}) \leftarrow \eta_j \log(\varepsilon_{j+1}) + (1 - \eta_j) \log(\bar{\varepsilon}_j) \quad (21)$$

$$\varepsilon_{j+1} \leftarrow \bar{\varepsilon}_{j+1} \quad (22)$$

donde α_j es una probabilidad de aceptación real para la j-ésima iteración, δ es una probabilidad de aceptación promedio deseada, μ es un punto libremente elegido hacia el que el ε_j iterado se contrae, ã es un parámetro libre que controla la cantidad de contracción hacia μ, y j_0 es un parámetro libre que frena la exploración temprana. (Hoffman & Gelman, 2014) introdujeron $\eta_j = j^{-\kappa}$ y establecieron $\kappa < 1$, lo que da un mayor peso a iteraciones más recientes. Recomiendan configurar $\mu = log(10_{\varepsilon 1})$ y $\delta \approx 0{,}6$. Este algoritmo garantiza que $\alpha \to \delta$. En NUTS, ε se sintoniza durante la fase de calentamiento

predeterminada y se fija posteriormente. Debido a que NUTS elige $\left(\theta^{*}, p^{*}\right)$ entre varios candidatos, se debe definir una estadística alternativa a la probabilidad de aceptación de Metropolis. Para cada iteración, la probabilidad de aceptación se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha_j = \frac{1}{\left|B_j\right|} \sum_{\partial\theta, \mathbf{p} \in B_j} min\left\{1, \frac{p\left(\partial\theta^j, \mathbf{p}^j\right)}{p\left(\partial\theta^{j-1}, \mathbf{p}^{j,0}\right)}\right\} \tag{23}$$

donde θ^j y p^j son los candidatos, θ^{j-1} y $p^{j,0}$ son valores iniciales, y B_j es el conjunto de todos los estados explorados durante la duplicación final para la $j-ésima$ iteración de la cadena de Markov. El procedimiento de muestreo de NUTS se resume a continuación

Algoritmo Muestreador No-U-Turn (NUTS)

1. Establezca el valor inicial de $\boldsymbol{\theta}$, $\boldsymbol{\varepsilon}$ y los valores de $\boldsymbol{\delta}$, $\boldsymbol{\mu}$, $\boldsymbol{\gamma}$, $\boldsymbol{\delta}$, $\boldsymbol{j0}$, $\boldsymbol{\kappa}$.
2. Genere el impulso *p* a partir de la distribución normal estándar $\boldsymbol{p} \sim \boldsymbol{N}\left(0, \boldsymbol{I}\right)$.
3. Genere la variable auxiliar u a partir de la distribución uniforme

   $\boldsymbol{u} \sim Uniforme(0, e^{(\log f(\partial\theta) - 1/2 p' M^{-1} p)})$.
4. Genere C utilizando el método de duplicación con el núcleo de transición $\boldsymbol{T}$.
5. Acepte la propuesta ($\boldsymbol{\partial\theta}^{*}$, $\boldsymbol{p}^{*}$) con probabilidad $\boldsymbol{\alpha}_j$ en la $\boldsymbol{j-ésima}$ iteración.
6. Actualice $\mathring{\boldsymbol{a}}_j$ por promedio dual.
7. Repita los pasos (2) a (6).

Para una definición precisa y un pseudocódigo del algoritmo NUTS, vea (Hoffman & Gelman, 2014)

3.3. Medidas de bondad y ajuste

En esta subsección se introducen las medidas de bondad y ajuste que se utilizan para validar la exactitud de la estimación de los modelos propuestos. El error se define como la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado para el período correspondiente, $\in_t = y_t - \hat{y}_t$, donde t es el error, y_t es el valor real, y $\hat{y}_t$ es el valor pronosticado respectivamente en el periodo *t*. Entonces las medidas de error que consideramos son:

1. Error Absoluto Medio:

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^{N} \left|\in_t\right|}{N} \tag{24}$$

2. Error Cuadrado Medio:

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^{N} \in_t^2}{N} \tag{25}$$

3. Raíz del Error cuadrado Medio:

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{N} \left| \in_t \right|}{N}} \tag{26}$$

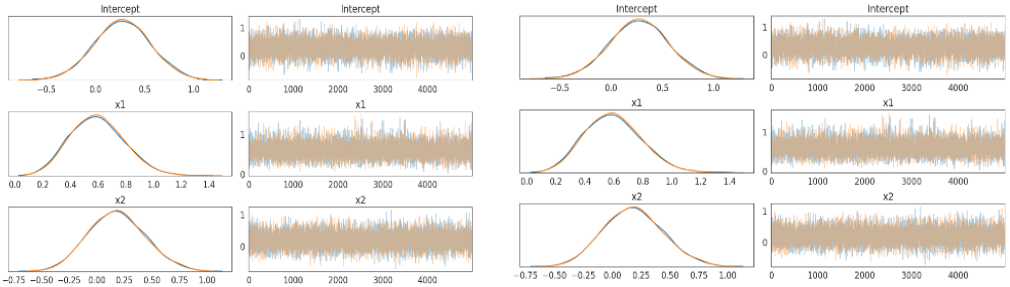
donde *N* representa el número de observaciones usada para el análisis.

4. Resultados

La realidad de las defunciones presentadas en el Cantón Portoviejo, 344 fallecidos al 23 de mayo, pone en evidencia que la reducida capacidad de diagnóstico ha limitado la generación de datos contables en relación al número total de infectados, limitando el conocimiento de la realidad epidemiológica del COVID-19 en el Cantón. Para generar una aproximación de la distribución posterior de los casos, se empleó los datos de mortalidad del Cantón Portoviejo que corresponden a la serie que va desde marzo 2020, hasta mayo 2020, suministrados por el Gobierno Autónomo Municipal Descentralizado del Cantón Portoviejo de la Provincia de Manabí, tomada una muestra de 60 días en la provincia. La epidemia se está propagando rápidamente, en una población 319185 habitantes con 444 casos confirmados para la fecha de corte de los datos, (COE, 2020). Para comprender la dinámica de esta pandemia en la localidad antes mencionada se ajusta un modelo de regresión logística que describe con precisión la dinámica de mortalidad durante la epidemia de SARS-CoV-2, específicamente, el modelo describe la dinámica de muertes para los casos COVID-19 y los casos asociados a COVID-19 en el periodo de mayor incremento de contagios en la región de Portoviejo. Se implementó en lenguaje de programación Python dos algoritmos para determinar la posterior que es el objetivo principal. Para inicializar el IVDA, consideramos las siguientes distribuciones a priori: $\mu=0$, $\sigma=0.3$, $\beta=\left[1.2,1.2,2\right]$, $N=5000$ muestras. Para inicializar el NUTS, consideramos las siguientes distribuciones a priori: $\mu=0$, $\sigma=0.3$, $\beta=\left[1.2,1.2,2\right]$, $N=5000$ muestras.

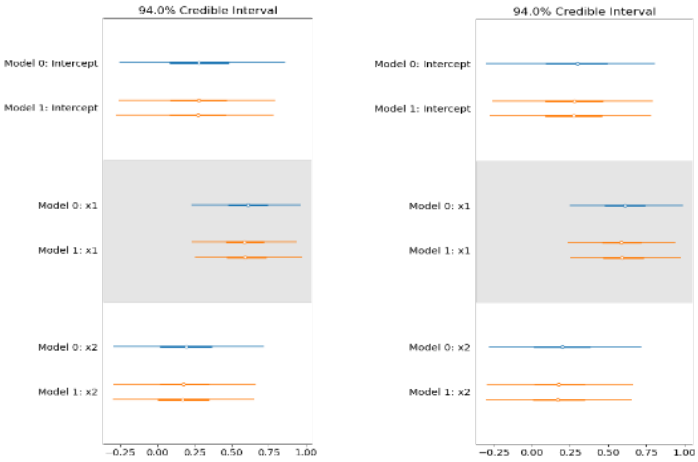
En la Figura 1, se muestra los resultados de la estimación máxima a posteriori (MAP) para los parámetros (betas) del modelo probabilístico de regresión logística simulado por los algoritmos IVDA y NUTS, se observa que ambos algoritmos estiman bien los parámetros del modelo de regresión logística y coinciden con los parámetros (beta) de una distribución posterior calculada con un enfoque basado en simulación como la Cadena de Markov Monte Carlo (MCMC). En la Figura 2, se presenta la estimación del valor promedio de cada parámetro por los algoritmos IVDA y NUTS, observando buena estimación de la media. En la Figura 3, se presenta la estimación de la varianza por los algoritmos IVDA y NUTS, observando una buena aproximación de la estructura de covarianza del modelo.

En la Tabla 1, se muestran tres medidas de bondad de ajuste el MSE, RMSE y el MAE, para medir la calidad de estimación de los algoritmos IVDA y NUTS en el modelo propuesto, respectivamente, observándose errores de estimación insignificantes. En la Tabla 2, se muestra el tiempo de ejecución de los algoritmos considerados, observándose que el algoritmo IVDA ejecuta la estimación de la posterior más rápido que el algoritmo NUTS.



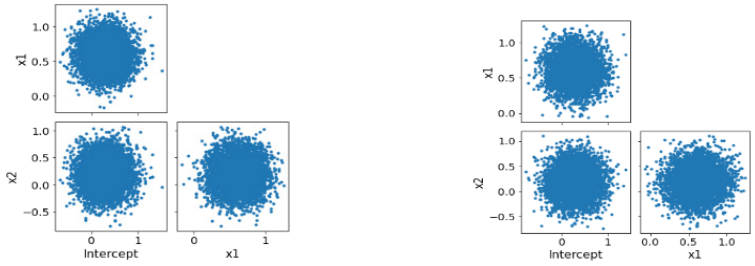
(a) Algoritmo IVDA (b) Algoritmo NUTS

Figura 1 – Distribución posterior para cada uno de los parámetros (betas) del modelo probabilístico de regresión logística simulado con el algoritmo IVDA y NUTS



(a) Algoritmo IVDA (b) Algoritmo NUTS

Figura 2 – Estimación del valor promedio para cada uno de los parámetros (betas) del modelo probabilístico de regresión logística simulado con los algoritmos IVDA y NUTS



(a) Algoritmo IVDA (b) Algoritmo NUTS

Figura 3 – Estimación de la varianza para cada uno de los parámetros (betas) del modelo probabilístico de regresión logística simulado con los algoritmos IVDA y NUTS

Posterior	MSE	RMSE	MAE
IVDA	$2{,}23e^{-05}$	$3{,}56e^{-04t}$	$5{,}78e^{-05}$
NUTS	$4{,}12e^{-06}$	$4{,}23e^{-05t}$	$1{,}98e^{-07}$

Tabla 1 – Medidas de bondad de ajuste: MSE, RMSE y el MAE, para la estimación de la posterior por los algoritmos IVDA y NUTS

Algoritmo	Tiempo de Cálculo (segundos)
IVDA	5,23
NUTS	18,12

Tabla 2 – Tiempo de ejecución de los algoritmos ADVI y NUTS para la estimación de la posterior

5. Conclusiones

Las epidemias han sido documentadas desde hace tiempos remotos. Según (Ledermann, 2003) la peste bubónica, la peste negra, la peste por antonomasia causó sucesivas pandemias, dejando los primeros registros más o menos confiables, capaces de ilustrar cómo se fueron dando los sucesivos pasos en el entendimiento y control de la situación. Desde los primeros registros hasta la actualidad, el conocimiento de las enfermedades infecciosas y los agentes biológicos que las causan han permitido avanzar hacia el entendimiento de la dinámica de la trasmisión de estos patógenos. En este trabajo se propuso un modelo de regresión logística para describir el comportamiento de fallecidos producto de COVID-19 y asociados a COVID-19; asimismo, se propuso dos algoritmos computacionales: Inferencia Variacional Diferenciación Automática y Muestreador No-U-Turn para estimar los estados soluciones y parámetros de la distribución posterior. El ajuste del modelo se llevó a cabo utilizando datos reales del Ecuador, se predice el comportamiento de fallecidos en el cantón Portoviejo con datos desde marzo 2020 hasta mayo 2020 y estos son comparados con los estimados por los clásicos de la literatura, considerando que los datos estimados por la Metodología Bayesiana propuesta se ajustan más a la realidad. También se estiman los parámetros de la distribución a posteriori; se demuestra que la propuesta estima en forma adecuada y confiable la dinámica de fallecidos. Para medir el éxito relativo de los algoritmos de estimación, se propuso tres medidas de bondad de ajuste el MSE, RMSE y MAE, obteniéndose errores pequeños.

6. Agradecimientos

Este trabajo es parcialmente soportado por el Instituto de Investigación de la Universidad Técnica de Manabí, en el Proyecto Interinstitucional UTM - Gobierno Autónomo Municipal Descentralizado del Cantón Portoviejo de la Provincia de Manabí PYTCOLAB 2006 - 2020 - FCS0001.

Referencias

Battegay, M., Kuehl, R., Tschudin-Sutter, S., Hirsch, H., Widmer, A., & Neher, R. (2020). 2019-Novel Coronavirus (2019-nCoV): estimating the case fatality rate – a word of caution. *Swiss Medical Weekly*. Obtenido de https://smw.ch/article/doi/smw.2020.20203

Bishop, C. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*.

Blei, D., Kucukelbir, A., & McAulie, J. (2016). Variational inference: a review for statisticians. *arXiv preprint*.

COE. (2020). *Inforgrafía No.001-Covid-19 , 3032020 , No. 086*. Obtenido de https://www.gestionderiesgo.gob.ec/informe-de-situacion-covid-19-desde-el-13-de-marzo-del-2020/

Ghahramani, Z., & Beal, M. (2001). Propagation algorithms for variational bayesian learning. *NIPS, (13)*, 507-513.

Ghani, A., Donnelly, C., Cox, D., Griffin, J., Fraser, C., Lam, T., . . . Chan, W. (2005). Methods for estimating the case fatality ratio for a novel, emerging infectious disease. *Am. J. Epidemiol, (16)*, 479-486.

Hoffman, M., & Gelman, A. (2014). The no-u-turn sampler: adaptively setting path lengths in hamiltonian monte carlo. *J Mach Learn Res, (15)*, 1593-623.

Jordan, M., Ghahramani, Z., Jaakkola, T., & Saul, L. (1999). Introduction to variational methods for graphical models. *Machine Learning, (37)*, 183-233.

Ledermann, W. (2003). El hombre y sus epidemias a través de la historia. *Revista chilena de infectología, (20)*, 13-17.

Lipsitch, M. D. (s.f.).

Lipsitch, M., Donnelly, C., Fraser, C., Blake, I., Cori, A., & Dorigatti, I. (2015). Potential biases in estimating absolute and relative case-fatality risks during outbreaks. *PLoS neglected tropical diseases*.

Methods for estimating the case fatality ratio for a novel, emerging infectious disease. (2005). *Am. J. Epidemiol (16)*, 479-486.

Neal, R. (2003). Slice sampling. *Ann Stat, (31)*, 705-410.

Nesterov, Y. (2009). Primal-dual subgradient methods for convex problems. *Math Program, (120)*, 221-59.

Ranganath, R., Gerrish, S., & Blei, D. (2014). Black box variational inference. *AISTATS*.

Ranganath, R., Tran, D., & Blei, D. (2016). Hierarchical Variational Models. *In International Conference on Machine Learning*.

Rezende, D., & Mohamed, S. (2015). *In Proceedings of the 31st International Conference on Machine Learning (ICML-15)*.

Ridenhour, B., Kowalik, M., & Shay, D. (2018). El número reproductivo básico (R0): consideraciones para su aplicación en la salud póblica. *Am J Public Health*.

Riou, J., Hauser, A., Counotte, M., & Althaus, C. (2020). ADJUSTED AGE-SPECIFIC CASE FATALITY RATIO DURING THECOVID-19EPIDEMIC INHUBEI, CHINA, JANUARY ANDFEBRUARY2020. *medRxi*.

Ruiz Bravo, A., & Jiménez Valera, M. (s.f.).

Ruiz Bravo, A., & Jiménez Valera, M. (2020). Sars-cov-2 y pandemia de síndrome respiratorio agudo (covid-19). *Ars Pharmaceutica, 2(61)*, 63-79.

Sung-mok, J., Andrei, R., Katsuma, H., Natalie, M., Yichi, Y., Baoyin, Y., . . . Hiroshi, N. (2020). Real-time estimation of the risk of death from novel coronavirus (covid-19) infection: Inference using exported cases. *medRxiv*.

Wainwright, M., & Jordan, M. (2008). Graphical models, exponential families, and variational inference. *Foundations and Trends in Machine Learning, 1(1)*, 1-305.

Wang, X., Ma, Z., Ning, Y., Chen, C., Chen, R., & Chen, Q. (2020). Estimating the case fatality ratio of the COVID-19 epidemic in China. *medRxiv*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/10/2020
Aceitação/Acceptance: 19/12/2020

Estrategias metacognitivas en plataforma digital para estudiantes universitarios con baja comprensión de textos

Pedro Félix Novoa-Castillo[1], Miguel Gerardo Inga-Arias[2], Jorge Leoncio Rivera Muñoz[3], Wilder Fabio Ramos-Palacios[4], Ángel Salvatierra Melgar[5]

pnovoac@unmsm.edu.pe; mingaa@unmsm.edu.pe; jriveram@unmsm.edu.pe; wramosp@unmsm.edu.pe; ansalme2@gmail.com

[1]Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Puente Piedra, Lima 22, Perú

[2]Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Pueblo Libre, Lima 21, Perú

[3]Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Los Olivos, Lima 39, Lima Perú

[4]Universidad Nacional Mayor de San Marcos, San Martín de Porres, Lima 31, Perú

[5]Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Los Olivos, Lima 39, Perú

Pages: 258-275

Resumen: El trabajo investigativo determinó la influencia que presenta un conjunto de estrategias metacognitivas administradas en una plataforma digital a 385 universitarios, 158 hombres y 227 mujeres con una edad media de 20 años procedentes de universidades de Perú (61,8%), México (37,4) y otros países (0,8%). Los estudiantes presentaron bajo rendimiento al aplicarles el Test-Cluni-Lat (1999) de comprensión de textos (media de 8,6 de 30 puntos). Se organizó a los participantes en dos grupos: uno control (193) y un experimental (192). El experimental se particionó en 6 subgrupos de 32 participantes a cargo de un colaborador, quien vía la plataforma *GoConqr* desarrolló un conjunto de Estrategias metacognitivas basadas en Schmitt (1990); mientras que con el grupo Control, no. Los resultados arrojaron diferencias significativas a favor del grupo Experimental, demostrando que las Estrategias metacognitivas administradas vías plataformas digitales mejoran significativamente la comprensión lectora en estudiantes universitario con baja comprensión lectora.

Palabras-clave: Comprensión; lectura: entorno educacional; estrategias educativas; TIC.

Metacognitive strategies in digital platform for university students with low text comprehension

Abstract: The research work determined the influence of a set of metacognitive strategies administered on a digital platform to 385 university students, 158 men and 227 women with an average age of 20 from universities in Peru (61.8%), Mexico (37.4) and other countries (0.8%). The students presented underperformed

by applying the Text Comprehension Test-Cluni-Lat (1999) (average of 8.6 out of 30 points). Participants were organized into two groups: one control (193) and an experimental (192). The experimental was partitioned into 6 subgroups of 32 participants by a collaborator, who via platform GorConqr developed a set of metacognitive strategies based on Schmitt (1990); while with the Controlgroup, no. The results yielded significant differences in favor of the Experimental group, demonstrating that Metacognitive Strategies managed via digital platforms significantly improve reading comprehension in university students with low reading comprehension.

Keywords: Comprehension, reading, learning environment, educational strategies, ICT.

1. Introducción

1.1. La lectura y la metacomprensión

Leer implica procesos complejos y desigualmente ejecutados por cada individuo. De acuerdo con sus competencias, el lector se las ingenia para leer bien o regular un texto. Sin embargo, estos procesos van más allá de una simple decodificación, requieren de habilidades cognitivas superiores que no solo permitan lo inteligible, sino también a llegar a altos niveles de lo comprensible (Cáceres, Loyola & Villegas, 2018). Estos niveles pueden ser aquellos que permitan al lector el acceso, la recuperación, la integración y valoración de una información determinada adquirida durante una lectura (Grácida, 2012), que, en síntesis, la presente investigación adoptó: la comprensión superficial o textual; la profunda o inferencial; y la crítica valorativa (*PISA*, 2018) y estableció los siguientes rangos de acuerdo con el puntaje sacado del Test Cluni-Lat, 2019 (Tabla 1):

Dimensiones/Niveles	Inicio	Proceso	Logro	Logro destacado
Comprensión superficial	0----2	3----6	7-----10	11----15
Comprensión profunda	0----2	3---5	6-----8	9---11
Comprensión crítica	0----1	2	3	4
Comprensión de textos	0---6	7---14	15---22	23----30

Tabla 1 – Niveles y rangos de la Comprensión de textos

La lectura entendida como un proceso complejo que implica la interacción tripartita de texto, contexto y lector, es precisamente este último quien al final construye el sentido integral de lo leído (Wong & Matalinares, 2011). Y es él quien, determina su peculiar autorregulación de los procesos de forma activa y consecuente para comprender mejor un determinado texto o satisfacer un objetivo puntual de conocimiento (Flavell, 1976; Flavell, 1979; Flavell, 1993). La metacognición implica una constante supervisión de lo que se viene conociendo o aprendiendo y a su vez, una idónea autorregulación

ejercida por el propio individuo (Chrobak, 2000; Arellano, 2019). Lamentablemente en los últimos años, no es practicada lo suficiente por los estudiantes universitarios, ya que se comprueban insatisfactorios rendimientos de comprensión lectora para el requerimiento de estudios superiores, donde la medianía en los resultados refleja una preocupante constancia en muchos trabajos de investigación (Gordillo & Flórez, 2009; Riffo & Contreras, 2012; Salas, 2012; Hernández & Ramírez, 2013; Felipe, 2015; Felipe & Barrios, 2015; Felipe y Barrios, 2017; Flores, Díaz & Lagos, 2017; Felipe & Villanueva 2018; Novoa et al, 2018; Novoa; Palomino & Garro, 2020; Novoa et al, 2020). Y debido a esta realidad, arrastrada desde la educación escolar, se han esgrimido interesantes estrategias para paliar los pésimos resultados en comprensión de textos (Mogollón & Santos, 2018; Calderón, Vega, Cocunubo & Ríos, 2018; López et al, 2018; Martínez, Angel & Natalia, 2019; y Rueda & Gutiérrez, 2019). Estrategias que subrayan la búsqueda de mecanismos pedagógicos orientados a comprender, y a metacomprender.

La reflexión sobre la metacognición deviene a indispensable para estudiantes que experimenten calificaciones bajas con relación al resto de sus compañeros (Graham, Harris & Mason, 2005; López, 2019). Ya que los procesos metacognitivos, como percibir una determinada información, tener la suficiente atención para organizarla y la memoria suficiente como para retenerla, asociarla con conocimientos previos y establecer inferencias con nuevos conocimientos son básicas en el aprendizaje realizado al leer (Cantillo, De la Hoz & Cerchiaro, 2014). Asimismo, se subraya que si el lector activa los procesos metacognitivos al leer, no solo será más consciente en su lectura, sino que mejorará su comprensión ya que planteará estrategias autorreguladoras para mejorar sus resultados (Jacobs & Paris, 1987).

Morles (1991) enfatiza que en las estrategias del tipo metacognitivo destacan las de organización, elaboración, focalización, integración y verificación. Para esta investigación se incluyó la propuesta de Schmitt (1990), que incluye todos los subprocesos mencionados, y que, vincula lo metacognitivo al proceso lector. Schimitt plantea en su Inventario de Estrategias de Metacomprensión (IEM), donde establece una serie de preguntas metacognitivas relacionadas a los tres momentos de la lectura: 10 para *el antes*, 10 para *el durante* y 5 para *el después*. Para *el antes* dispone interrogantes que indagan sobre el ejercicio predictor del lector, donde se reflexiona sobre si el participante es capaz de anticipar el tipo de lectura, los objetivos, y las dificultades a través de una vista general del texto a leer. Para *el durante* establece interrogantes donde el lector reflexiona sobre el nivel de comprensión que está teniendo al leer el texto, verifica si los objetivos que había anticipado en la anterior etapa se están cumpliendo cabalmente o no, comprueba la correcta identificación de las ideas principales de lo que viene leyendo y las jerarquiza según importancia. Para *el después* dispone de interrogantes que permiten deducir si las dos etapas anteriores se han cumplido a cabalidad; se evalúa por tanto si las ideas principales son tales y se las puede parafrasear; por último, se indaga si el lector es capaz de redactar una síntesis a manera de resumen de todo lo leído. La investigación resolvió expresar estas tres etapas en actividades significativas como se explica en la figura 1.

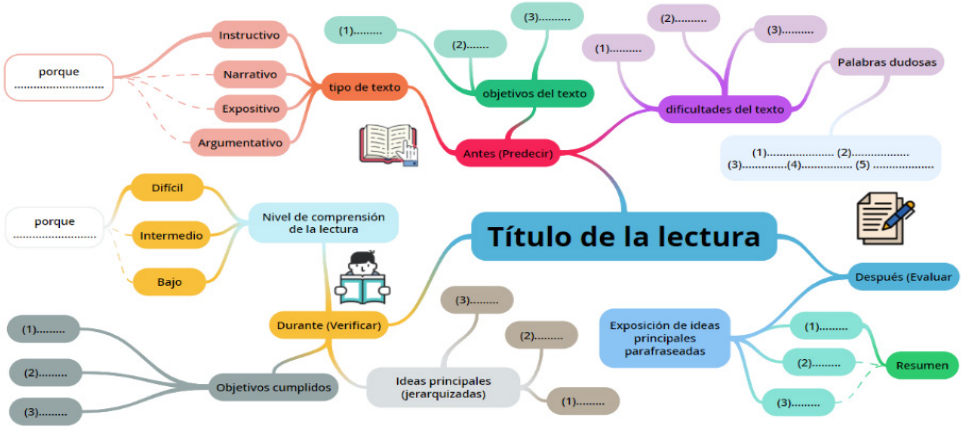


Figura 1 – Estrategias metacognitivas aplicadas[1]

1.2. Plataforma virtual de aprendizaje

Una plataforma virtual de aprendizaje permite una sistematización intuitiva de procesos cognitivos básicos y superiores, posibilitan tanto al estudiante como al profesor interactuar en su entorno para crear trabajos significativos tanto individuales como colectivos y así lograr competencias educacionales que, sin estos medios, serían más complicadas o simplemente imposibles.

Una plataforma debe facilitar en el caso de la comprensión de textos, una adecuada organización y disposición de conceptos o información en su entorno. Por tanto, debe contar con lo básico: organizadores visuales de información que apelen al uso eficiente de formas, colores, líneas y texto. Estas plataformas requieren de una inteligencia artificial que permita el aprendizaje por auto descubrimiento a través se secuencias intuitivas y personalizadas que apoyen a los procesos cognitivos antes, durante y después de una lectura y no sean estorbo que sobrecargue al estudiante lector. Últimamente, las plataformas son muy solicitadas por los investigadores en la educación remota o no presencial, incluso antes (Ríos, Ortega, Nuñez & Villegas, 2019; Borja, Guarnieri & Rodríguez, 2019; Tapia, Gutierrez & Tremillo, 2019). Pero, es necesario advertir que dichas plataformas requieren de la articulación en contenido y metodología por parte de un tutor que administre las actividades, ya que, de lo contrario, perdería su esencia educativa (Hechavarría, González & López, 2019).

Según Morado & Hernández (2019), estas plataformas sirven para reducir las brechas de tipo emocional, cognitiva y espacial entre estudiantes y alumnos; y a su vez logran desarrollar sostenidamente la metacognición (Vega,2019). Ya que permiten a ciertos alumnos que no suelen interactuar de manera presencial con mayor prolijidad que el resto, la oportunidad de involucrarse más activamente en las actividades que dispone

[1] Para más detalles se puede observar este video preparado para la presente investigación https://www.youtube.com/embed/86ubpavXAqo?start=218&feature=oembed

la plataforma educativa. Y a los que eran también sociables, les permite afianzar dicha socialización de forma virtual.

1.3. Trabajos previos

Las estrategias no se producen espontáneamente ni para el lector ni para el profesor que está enseñando a mejorar la comprensión lectora; estas deben seguir una programación sistemática, un plan determinado, un desarrollo y una evaluación constante de dichos procesos (Solé, 2005).

Santibáñez & Pisconte (2003) aplicaron una estrategia de reforzamiento lector para el mejoramiento de la habilidad lectora de 286 universitarios de Piura. Se concluyó que la estrategia no solo beneficiaba la competencia lectora en sí, sino también a la praxis educativa de la lectura desde un enfoque social. Por su parte, Irrazabal, Saux, Burin & León (2006) realizaron una investigación sobre metacomprensión en estudiantes universitarios y detectó que no ejercían adecuadamente dicho proceso por carecer de estrategias idóneas que les facilite su metacognición en la lectura.

Una plataforma digital puede mejorar el proceso de comprensión de textos gracias a que los medios y materiales virtuales correctamente focalizados a momentos previos, durante y después de una lectura, a manera de estrategia didáctica, mejoran significativamente la metacomprensión (Mendoza, Martínez, Neira & Leonardo, 2018; Martínez et al, 2019). Y esto es vital, para estudiantes que hayan manifestado bajos rendimientos académicos, ya que, si bien es cierto, los lectores eficientes pueden y por lo general prescinden de procesos metacognitivos tan secuenciales, los que tienen baja comprensión, más bien la necesitan y sirve de gran aporte en su mejora comprensiva (Cabero et al, 2018). En este mismo sentido, investigaciones como las de Meana (2018), Patiño (2018), Rivera & Helena (2018), Ayala, Barón & Romero (2018), y Tapia (2019) implementan a diversas estrategias



Figura 2 – Estrategias metacognitivas aplicadas antes de la lectura 01

metacomprensivas el recurso de los entornos digitales para activar la metacognición durante la lectura.

La investigación adoptó la plataforma Goconqr por su entorno amigable e intuitivo. Permitió a través de organizadores visuales de información, como los mapas mentales, adaptar la teoría metacomprensiva de Schmitt (1990) para proponer esquemas de prellenado para los tres momentos clave de la metacomprensión: antes (predecir), durante (verificar) y después (evaluación),(ver figuras 2, 3 y 4):



Figura 3 – Estrategias metacognitivas aplicadas durante la lectura 02

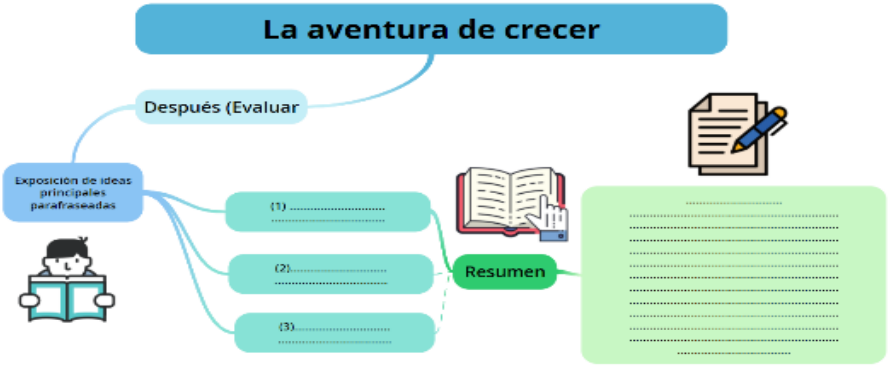


Figura 4 – Estrategias metacognitivas aplicadas después de la lectura 03

2. Metodología

2.1. Método

La presente investigación está circunscrita en el paradigma neopositivista (Bendassolli et al, 2010) y el enfoque cuantitativo (Vega-Malagón et al, 2014). Se eligió el diseño experimental de tipo cuasi experimental (Llobell, Pérez y Navarro, 1995) y se siguió un método hipotético-deductivo (Klimovsky, 1971). Con respecto al alcance temporal la investigación fue de corte transversal (Morales, 2010).

La población estuvo conformada por 1047 estudiantes universitarios que dieron el Test Cluni-Lat del 11 de abril al 31 de julio del 2020 con una edad media de 21,48 años y una distribución por género de 61% mujeres y 39% hombres. La muestra fue de 385 (36.77% del total) que se extrajo por un muestreo no probabilístico tipo intencional (Hernández et al, 2010), ya que se tuvo la intención específica de solo trabajar con estudiantes cuyos promedios eran bajos. Por este motivo, el criterio de inclusión fue haber sacado 11 o menos de los 30 puntos máximos de la mencionada prueba (media de 8,6 de 30). Asimismo, se tuvo que excluir a 12 participantes de la muestra por tener puntajes menores a 3 y una duración de menos de 3 minutos para una prueba que osciló entre una hora y una hora y media. Para la división de los grupos de trabajo se empleó el muestreo aleatorio al 5% del software SPSS quedando el grupo de control con 193 participantes y el grupo experimental con 192. Por último y para operacionalizar las estrategias con el grupo experimental se lo subdividió en 6 subgrupos de 32 participantes a cargo de un colaborador.

2.2. Materiales

Para la presente investigación se empleó la plataforma Goconqr. En ella se utilizó los utilitarios para la creación de organizadores visuales de información (Mapas mentales). Asimismo, debido a sus bondades pedagógicas (Romio & Paiva, 2017; Troya, 2019; Arana, 2020) y tecnológicas (Curiel et al, 2018; Rosero, 2019; Dewantara, 2019) se compartió dichos mapas como plantillas rellenables (ver anexos) para que los participantes completaran de forma secuencial en tres momentos claves de las 8 lecturas: antes, durante y después. Los mapas mentales a manera de plantillas se basaron en la propuesta de Schmitt (1990) que establece un inventario de estrategias para tres momentos clave de la metacomprensión: (1) El antes, donde el lector predice; (2) El durante, donde se verifica las predicciones; y el (3) donde se evalúa.

3. Resultados

Aplicada la prueba de normalidad a las notas de Comprensión de textos, se observó que su distribución era no normal (p valor menor que ,005). Se estableció una prueba no paramétrica para contrastar la hipótesis: la U de Mann Whitney.

Kolmogorov-Smirnov				
	Test	**Estadístico**	**Gl**	**Sig.**
Comprensión textual	Pre control	,356	52	,000
	Pre experimental	,301	53	,000
	Pos control	,310	52	,000
	Pos experimental	,288	53	,000
Comprensión inferencial	Pre control	,375	52	,000
	Pre experimental	,272	53	,000
	Pos control	,318	52	,000
	Pos experimental	,298	53	,000
Comprensión criterial	Pre control	,379	52	,000
	Pre experimental	,272	53	,000
	Pos control	,318	52	,000
	Pos experimental	,303	53	,000
Comprensión lectora	Pre control	,339	52	,000
	Pre experimental	,284	53	,000
	Pos control	,272	52	,000
	Pos experimental	,296	53	,000

Tabla 2 – Prueba de normalidad de Comprensión lectora

3.1. Resultados descriptivos

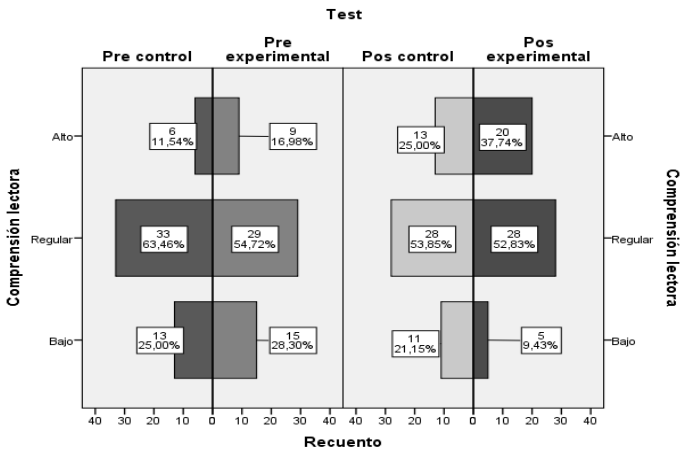


Figura 5 – Resultado de las Pruebas de Comprensión lectora

Se observa en la figura 5 que en el pre test de Comprensión lectora tanto el grupo control como el grupo experimental estuvieron en condiciones similares, aunque con pequeñas diferencias. En cambio, en el pos test, estas diferencias se remarcaron en favor del grupo experimental; ya que un importante porcentaje ascendió del nivel bajo al medio, y otro gran porcentaje se elevó del medio al superior.

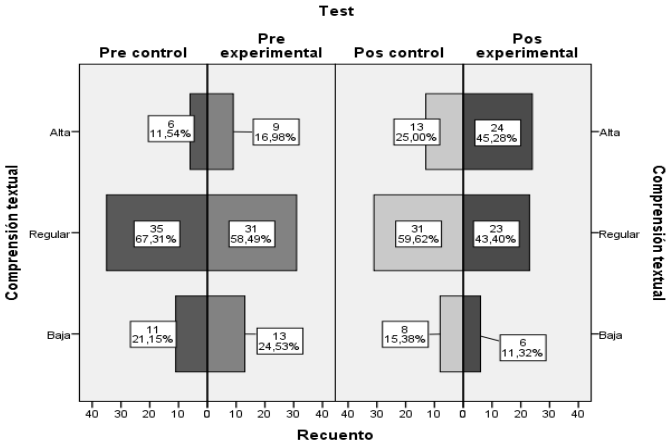


Figura 6 – Resultado de las Pruebas de Comprensión textual por pruebas

En la figura 6 se observa que la dimensión Comprensión textual muestra en el Pre test ligeras diferencias en los niveles bajo y superior. Mientras que, en el pos test hay una marcada diferencia en favor del grupo Experimental.

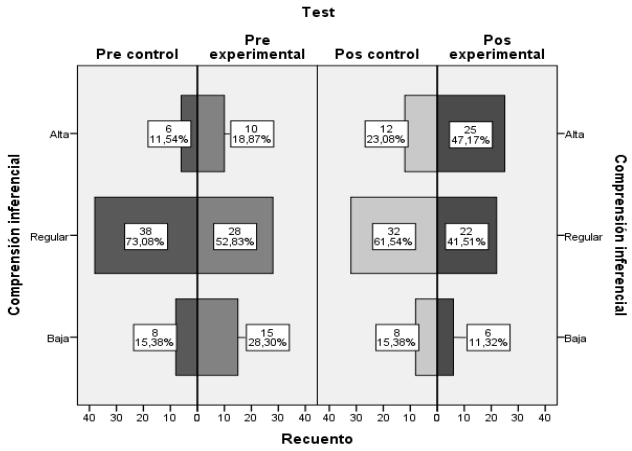


Figura 7 – Comprensión inferencial por pruebas

En la figura 7, la dimensión Comprensión inferencial muestra en el Pre test ligeras diferencias en los niveles bajo, medio y superior. Mientras que en el pos test, hay una marcada diferencia en favor del grupo Experimental en el nivel superior, pero ninguna en el bajo y sí una gran ventaja del Grupo de control en el nivel medio.

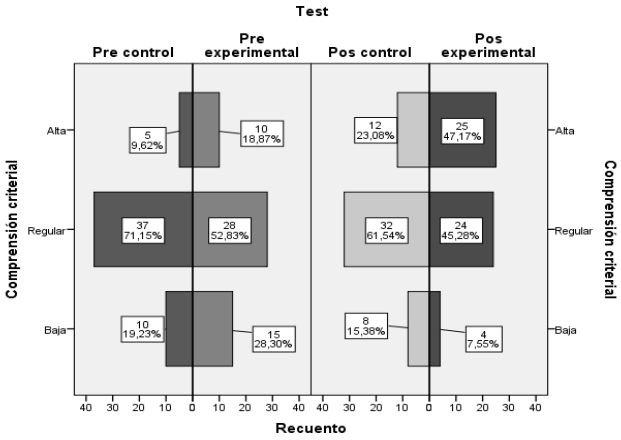


Figura 8 – Comprensión criterial por pruebas

En la figura 8 se observa que la dimensión Comprensión criterial muestra en el Pre test ligeras diferencias en los niveles bajo, medio y superior. Mientras que, en el pos test hay una marcada diferencia en favor del grupo Experimental en el nivel superior; más no en el nivel regular donde el Grupo control tiene predominancia.

3.2. Resultados inferenciales

3.2.1. Prueba de hipótesis general

Ho: Las estrategias metacognitivas en entornos digitales no mejoran la comprensión lectora.

Hi: Las estrategias metacognitivas en entornos digitales mejoran la comprensión lectora.

Rangos				
Test		N	**Rango promedio**	**Suma de rangos**
Comprensión textual	Pre control	52	52,65	2738,00
	Pre experimental	53	53,34	2827,00
	Total	105		
Comprensión inferencial	Pre control	52	54,38	2828,00
	Pre experimental	53	51,64	2737,00
	Total	105		

Rangos				
	Test	N	**Rango promedio**	**Suma de rangos**
Comprensión criterial	Pre control	52	53,19	2766,00
	Pre experimental	53	52,81	2799,00
	Total	105		
Comprensión lectora	Pre control	52	52,69	2740,00
	Pre experimental	53	53,30	2825,00
	Total	105		
Estadísticos de pre test				
	Comprensión textual	Comprensión inferencial	Comprensión criterial	Comprensión lectora
U de Mann-Whitney	1360,000	1306,000	1368,000	1362,000
W de Wilcoxon	2738,000	2737,000	2799,000	2740,000
Z	-,134	-,537	-,074	-,117
Sig. asintótica (bilateral)	,893	,591	,941	,907

Tabla 3 – Contrastación de la hipótesis general

Se observa en la Tabla 3 que en el pre test de Comprensión de textos narrativos, los rangos del Grupo de Control y el Grupo Experimental no son tan diferenciados. Y que el valor p. de significancia (mayor que α= ,05) y el valor Z (mayor que el límite crítico -1,96) corroboran que no existen diferencias significativas entre ambos grupos. En el Postest, sí hay diferencia marcada, y el p. de significancia (mayor que α= ,05) y el valor Z (menor que el límite crítico -1,96), corroboran que existen diferencias significativas entre los grupos. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las estrategias metacognitivas en entornos digitales mejoran significativamente la comprensión de textos narrativos.

3.2.2. Prueba de hipótesis específica

Ho: Las estrategias metacognitivas en entornos digitales no mejoran la comprensión textual, inferencial y criterial.

Hi: Las estrategias metacognitivas en entornos digitales mejoran la comprensión textual, inferencial y criterial.

Rangos				
	Test	**N**	**Rango promedio**	**Suma de rangos**
Comprensión inferencial	Pre control	52	52,65	2738,00
	Pre experimental	53	53,34	2827,00
	Total	105		

Comprensión criterial	Pre control	52	54,38	2828,00
	Pre experimental	53	51,64	2737,00
	Total	105		
Comprensión lectora	Pre control	52	53,19	2766,00
	Pre experimental	53	52,81	2799,00
	Total	105		

Estadísticos de pre test

	Comprensión textual	Comprensión inferencial	Comprensión criterial	Comprensión lectora
U de Mann-Whitney	1099,500	1054,000	1014,000	1118,500
W de Wilcoxon	2477,500	2432,000	2392,000	2496,500
Z	-1,974	-2,296	-2,603	-1,844
Sig. asintótica (bilateral)	,048	,022	,009	,065

Tabla 4 – Contrastación de la hipótesis específica

Se observa en la Tabla 4 que en el pre test de Comprensión textual, Comprensión inferencial y Comprensión criterial de textos narrativos los rangos del Grupo de Control y el Grupo Experimental no son tan diferenciados. Y que tanto el valor p. de significancia (mayor que α= ,05) y el valor Z (mayor que el límite crítico -1,96) corroboran que no existen diferencias significativas entre ambos grupos. Sin embargo, en el Postest, sí hay diferencia marcada en los rangos de Comprensión textual y Comprensión criterial de textos narrativos. Además, se aprecia que el p. de significancia (menor que α= ,05) y el valor Z (menor que el límite crítico -1,96) corroboran que existen diferencias significativas entre ambos grupos. A excepción de la Comprensión inferencial que mantuvo tanto sus rangos similares y que tanto su valor p. de significancia y valor Z se mantuvieron también altos, por ello la influencia en esta dimensión no es significativa. Por todo lo explicado, se rechaza de manera parcial la hipótesis nula y se concluye que las estrategias metacognitivas en entornos digitales mejoran significativamente la Comprensión textual y Comprensión criterial de textos narrativos.

4. Discusión y conclusiones

En la presente investigación, se desarrollaron actividades en entornos digitales con el objetivo de que los alumnos lean y comprendan textos narrativos cortos. La aplicación de este tipo de estrategia ha resultado de gran impacto. Estos resultados entran en dialógica controversia con lo hallado por Pulgar (2016), quien también empleó un diseño cuasi experimental, para corroborar la significatividad de la incorporación de herramientas TIC como estrategia para mejorar la comprensión de textos narrativos en estudiantes universitarios. Y concluyó que el efecto era de un 76.9 % en la comprensión

lectora general al término de su investigación. La incidencia en comprensión literal fue de 12.8 al 56%; 7.7 al 66 % en la comprensión inferencial; y 23.1 al 41% en la comprensión criterial. Resultados significativamente más altos de los hallados en este trabajo, pero que estarían signados por cierto sesgo en la elección de textos que no son narrativos, sino expositivos; y que a su vez el nivel de dificultad de las lecturas es disímil en su complejidad (el autor escoge textos cortos o fragmentos, mientras que esta investigación presenta cuentos complejos de Borges. Se considera también la edad los participantes como eje diferenciador).

Otro referente inmediato es la investigación realizada por Novoa, Cancino, Flores & Nieto (2018), quienes encuentran una influencia significativa empleando la versión en físico de la variante digital empleada en este trabajo: el mapa mental armónico. En dicha investigación se logra una significatividad (p= ,000), comprobando la hipótesis de trabajo, de que los Mapas Mentales Armónicos influyen significativamente en la comprensión de textos narrativos.

La importancia de añadir a las estrategias pedagógicas elementos digitales como el caso de Millalén (2015) quien realizó una investigación cuasi experimental para comprobar los efectos de la multimodalidad en la comprensión de textos narrativos en estudiantes universitarios entra en convergencia con lo hallado en esta investigación. El autor demostró que el grupo experimental sacó un puntaje escalar de 55,6 y el grupo control de 38,8 en comprensión general. Esta ventaja fue verificada por la prueba T de Student (t=6,381) y una significancia p=0,000. Aceptando con esto su hipótesis de trabajo al igual que en esta investigación. Aunque hay que anotar que el texto era en inglés y orientado a una segunda lengua.

Con relación a la lectura y comprensión en entornos digitales, el presente trabajo encontró mejores resultados en el grupo experimental que tuvo una permanente actividad en dichos entornos. Estos hallazgos complementan los resultados de Rodríguez & Vargas (2017), quienes encontraron ligeras ventajas en la interpretación de textos narrativos de los participantes que emplearon cuadernos digitales con los que emplearon entornos tradicionales.

La presente investigación brinda la posibilidad de realizar un conjunto de estrategias combinadas tanto antes y después de la lectura de un texto narrativo y poder mejorar los resultados de su comprensión. Estas estrategias por lo general son dinámicas, flexibles y sobre todo activas. Y constituyen una vertiente aún no estudiada a profundidad sobre la comprensión de textos narrativos mediados por estrategias digitales en el ámbito escolar.

Se comprobó que una estrategia digital basada en el empleo de programas y aplicaciones virtuales de manera transversal (entre dos a cuatro días) tiene un efecto significativo en la comprensión de textos narrativos siempre y cuando se aproveche los recursos digitales como el diseño de organizadores visuales de alto impacto cognitivo como lo son los Mapas Mentales Armónicos.

Se evidenció que hubo mejora en las dimensiones de comprensión textual y comprensión criterial, pero que no se consiguió la significancia en la comprensión inferencial, muy probablemente por el hecho de que exista un apresuramiento en las deducciones de

los participantes. Una alternativa de solución es abordar ejercicios de Crucigrama y Sopa de letras con mayor asiduidad, ya que permiten meditar sobre palabras clave de la comprensión. Asimismo, se demostró que el uso de programas y aplicativos digitales de empleo intuitivo y de poca complejidad e intromisión en las actividades educativas, tienen buenos resultados tanto en su aplicabilidad como en los resultados que evidencian mejoría.

Una de las limitaciones que se presentó es la imposibilidad de emplear teléfonos móviles para que los participantes en clase, debido a un fuerte prejuicio en contra de su uso por jóvenes o adolescentes. Otra limitación fue el recargo en las programaciones curriculares que limitan experiencias educativas que necesitan por lo menos tres días consecutivos para su realización. Es importante también, resaltar que el tipo de estrategias metacognitivas realizadas en este trabajo, puede replicarse en otros niveles e instituciones educativas.

Referencias

Arana Carrasco, M. G. (2020). *Software educativo "Goconqr" como recurso para el aprendizaje de la física en los estudiantes de primer año de bachillerato general unificado de la Unidad Educativa "Nueva Aurora" en el periodo septiembre 2018-junio 2019* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Arellano, M. (2019). *Un Marco Teórico para la Investigación del Andamiaje a la Autorregulación del Aprendizaje en Entornos Virtuales*. https://go.aws/2IErk3O

Ayala, M., Barón, O., y Romero, M. (2018). *Estrategia pedagógica mediada por el uso de las TIC para el fortalecimiento de la comprensión lectora en estudiantes grado quinto de primaria de la Institución Educativa San Josemaría Escrivá de Balaguer sede Samaria*. http://hdl.handle.net/11371/1575

Bendassolli, P., Borges-Andrade, J., y Malvezzi, S. (2010). Paradigmas, eixos temáticos e tensões na PTO no Brasil. *Estudos de Psicologia* (Natal), 15(3), 281-289. https://doi.org/10.1590/S1413-294X2010000300008

Borja, W., Guarnieri, G., y Rodríguez, G. (2019). Análisis y evaluación de procesos de interactividad en entornos virtuales de aprendizaje. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 11(20), 63-99. https://ssrn.com/abstract=3527519

Cabero, J., Piñero, R., y Reyes, M. (2018). Material educativo multimedia para el aumento de estrategias metacognitivas de comprensión lectora. *Perfiles educativos*, 40(159), 144-159.

Cáceres, X., Loyola, J., y Villegas, F. (2018). *Marco de evaluación de la competencia lectora de PISA 2018*. https://bit.ly/3mNZGUm

Calderón, M., Vega, J., Cocunubo, H., y Ríos, M. (2018). Leer con propósito en aulas multigrado, desafíos y bienvenida a las comunidades de lectura. *Tecné Episteme y Didaxis TED*. https://bit.ly/2JX4kR6

Cantillo, K., De la Hoz, Á., y Cerchiaro, E. (2014). Metacognitive Activity in college students: a preliminary study. *Psicología desde el Caribe*, 31(3), 455-474. https://bit.ly/2zOU34r

Chrobak, R. (2000). La metacognición y las herramientas didácticas. http://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/05/Chrobak.htm

Curiel, S. M., Sánchez, L. X. G., Ortega, M. R. G., & de Tecámac, E. N. (2018). El uso de Goconqr como herramienta que fortalece la formación profesional. http://www.conisen.mx/memorias2018/memorias/5

Dewantara, D. (2019). Improving students'learning outcome: implementaton mind mapping method with goconqr. *Jurnal Pena Sains*, 6(2), 97-102.

Felipe, A. & Villanueva, J. (2018). Diseño y validación de una prueba piloto para la evaluación de la competencia lectora de estudiantes universitarios. *Investigaciones Sobre Lectura*, (10), 95-117. DOI: https://doi.org/10.37132/isl.v0i10.258

Felipe, A. (2015). Competencia, estrategias y hábitos lectores de maestros en formación inicial (Tesis doctoral). Málaga: Universidad de Málaga.

Felipe, A. & Barrios, E. (2017). Evaluación de la competencia lectora de futuros docentes. Investigaciones sobre lectura, (7), 7-21.

Felipe, A., & Barrios, E. (2015). Prospective teachers' reading competence: perceptions and performance in a reading test. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 178, 87–93.

Felipe, A. (2015). Competencia, estrategias y hábitos lectores de maestros en formación inicial (Tesis doctoral inédita). Málaga: Universidad de Málaga.

Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. Resnick (Ed.). *The Nature of intelligence*. New Jersey: Lawrence ErlbaumAssociates.

Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist*, 34(10), 906. https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906

Flavell, J. (1993). *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor.

Gordillo, A., y Flórez, M. (2009). Los niveles de comprensión lectora: hacia una enunciación investigativa y reflexiva para mejorar la comprensión lectora en estudiantes universitarios. Actualidades pedagógicas, 1(53), 95-107. https://ciencia.lasalle.edu.co/ap/vol1/iss53/8/

Graham, S., Harris, K., y Mason, L. (2005). Mejora del rendimiento de la escritura, el conocimiento y la autoeficacia de los escritores jóvenes con dificultades: los efectos del desarrollo de estrategias autorreguladas. *Contemporary Educational Psychology*, 30 (2), 207–241. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.08.001

Hechavarría, Y., González, V., y López T. (2019). Entornos virtuales de aprendizaje como medio facilitador para integrar tecnologías al currículo de la educación primaria. *Tecnología Educativa*, 4(1). https://bit.ly/2L6Ala1

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación (Vol. 707). México: McGraw-Hill.

Hernández-Narváez, E. y Ramírez-Bravo, R. (2013). "Comprensión de textos expositivos en la facultad de medicina". *Revista EducyT*:1-14. http://revistas.udenar.edu.co/index.php/duniversitaria/article/view/1441/0

Irrazabal, N., Saux, G., Burín, D. y León, J. (2004). Metacomprensión. Un estudio de comprensión lectora en estudiantes universitarios. Cuarto Congreso Nacional y Segundo Internacional de Investigación Educativa. Universidad Nacional del Comahue. Argentina.

Klimovsky, G. (1971). *El método hipotético deductivo y la lógica*. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libros/pm.177/pm.177.pdf

Llobell, J., Pérez, J. y Navarro, M (1995). *El diseño y la investigación experimental en Psicología*. CSV.

López, C., Favith, E., Forero, D., y Vergara, R. (2018). *La predicción y verificación como estrategia metacognitiva para la enseñanza de la comprensión lectora en la Institución Educativa Antonio Nariño del corregimiento*. El Morro de Yopal, Casanare. https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_docencia_yopal/48/

Martínez Sosa, M. Á., Angel, C., y Natalia, R. (2019). *Los Mapas Mentales como Estrategia Metacognitiva para mejorar la Comprensión de lectura en textos narrativos: las Leyendas Colombianas*. https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/15687

Martínez, M., Marrujo, J., Perillo, M., González, F., y Burin, D. (2019). Comprensión de texto en E-learning: estrategias de soporte y memoria de trabajo. *Ocnos: Revista de estudios sobre lectura*, 18(2), 31-43. https://bit.ly/2NuhpQt

Meana, E. (2018). Lectura y escritura académicas en entornos digitales. Obstáculos epistemológicos. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 4, 129-135.

Mendoza, C., Martínez, L., Neira, H., y Leonardo, W. (2018). *Implementación de estrategias pedagógicas y didácticas para mejorar la comprensión lectora y escritora mediante el uso de herramientas tecnológicas, en los estudiantes del Grado Quinto de La Institución Educativa Henry Daniels del Municipio de Castilla*. https://repository.unad.edu.co/handle/10596 /18790

Mogollón, N., y Santos, E. (2018). *Estrategia Metacognitiva para mejorar los niveles de Comprensión Lectora en los Niños y Niñas del 2º Grado de Educación primaria de la Institución Educativa N° 014 "Miguel Grau"*, Villa Puerto Pizarro, Provincia Tumbes, 2014.

Morado, M., y Hernández, S. (2019). Una experiencia de acompañamiento tecno-pedagógico para la construcción de Entornos Virtuales de Aprendizaje en Educación Superior. *Revista Educación*, 43-60. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-26442019000100004yscript=sci_arttext

Morales, F. (2010). *Tipos de investigación*. Bogotá DC. https://antropologiaparatodos.wordpress.com/2014/10/02/tips-de-investigacion/

Morles, A. (1991). *El desarrollo de las habilidades para comprender la lectura y la acción docente. En A. Puente. Comprensión de la lectura y acción docente*. Madrid: Fundación Germán Sánchez Ruipérez. Pirámide.

Novoa, P., Cancino, F., Flores, S., y Nieto, J. (2018). El Mapa Mental Armónico en la comprensión de textos narrativos en estudiantes universitarios. *Propósitos y representaciones*,*6*(2),541-573. http://dx.doi.org/10.20511/pyr2018.v6n2.243

Novoa, P., Lira, L., Aguirre, F., Ccanto, F., Dumont, J., & Hernández, Y. (2020). Mapas mentales armónicos (mma) como estrategia metacognitiva para la comprensión lectora en estudiantes universitarios. Apuntes Universitarios, 10(1), 101-118. DOI: https://doi.org/10.17162/au.v10i1.423

Novoa, P., Palomino, J., y Garro, L. (2020). Estrategia de los Mapas Mentales Armónicos (MMA) para la Comprensión y Producción de textos narrativos en estudiantes universitarios. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E25), 237-260. http://www.risti.xyz/issues/ristie25.pdf

Patiño, B. (2018). *Estrategias metacognitivas para desarrollar la comprensión lectora en los estudiantes de las Escuelas de Educación Básica Media, Parroquia de Conocoto, Distrito Nueve, Zona Ocho* (Master's thesis, Quito: UCE). http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16260

PISA (2018). *Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. Organisation de coopération et de développement économiques. https://bit.ly/2JxXTEC

Riffo, B., y Contreras, M. (2012). Experiencia académica y comprensión de textos especializados en estudiantes universitarios de Ciencias Políticas. *Estudios pedagógicos (Valdivia),* 38(2), 201-219. DOI: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052012000200013

Ríos, S., Ortega, F., Nuñez, E., y Villegas, D. (2019). *Objetos Virtuales de Aprendizaje como estrategia didáctica de enseñanza aprendizaje en la educación superior tecnológica. RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), 287-304. https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(1).enero.2018.287-304

Rivera, L., y Helena, Y. (2018). *Desarrollo de habilidades metacognitivas para fortalecer la comprensión lectora a través de un ambiente de aprendizaje en niños de tercer grado apoyado por TIC* (Master's thesis, Universidad de La Sabana). https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/34601

Romio, T., y Paiva, S. (2017). Kahoot e GoConqr: uso de jogos educacionais para o ensino da matemática. *Scientia cum Industria,* 5(2), 90-94.

Rosero, G. (2019). *Guía didáctica para el aprendizaje de computación mediante el uso de GOCONQR* (Master's thesis) Universidad Tecnológica Israel.

Rueda, L., y Gutiérrez, Y. (2019). *Efecto de la estrategia metacognitiva TWA (thinkbeforereading, thinkwhilereading, thinkafterreading) en el fortalecimiento de la lectura crítica* (Doctoral dissertation, Universidad de la Costa). http://hdl.handle.net/11323/5222

Salas, P. (2012). El desarrollo de la comprensión lectora en los estudiantes del tercer semestre del nivel mediosuperior de la Universidad Autónoma de Nuevo León. (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). http://eprints.uanl.mx/3230/1/1080256466.pdf

Santibáñez, R. y Pisconte, M. (2003). Efectos del programa de reforzamiento de lectura orientado al desarrollo de habilidades metalectoras en los alumnos de estudios generales de la Universidad Nacional de Piura. Unife. Lima, Perú.

Schmitt, J. (1990). A questionnaire to measure children's awareness of strategic reading processes. *The Reading Teacher*. Vol. 43, N.°7.

Solé, I. (2005). *Estrategias de lectura*. Barcelona: Graó.

Tapia, R., Gutierrez, C., y Tremillo, M. (2019). Nuevas tecnologías en educación superior. Estudio de percepción en estudiantes acerca del uso de WhatsApp y Entornos Virtuales de Aprendizaje (Plataforma Moodle). *Odontoesto-matología*, 21(33), 37-43. http://dx.doi.org/10.22592/ode2019n33a5

Tapia, S. (2019). *Estrategias metodológicas en la comprensión lectora* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil).

Troya, I., & Marcela, F. (2019). *Capacitación docente en la plataforma GoConqr para la enseñanza en estudiantes con discapacidad intelectual leve* (Master's thesis, Quito).

Vega, B. (2019). *Entornos virtuales de aprendizaje y habilidades metacognitivas en los estudiantes de la Facultad de Ciencias Contables de la UNMSM*. http://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/2944

Vega, G., Ávila, J., Vega, A., Camacho, N., Becerril-Santos, A., y Leo-Amador, G. (2014). *Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. European Scientific Journal*, 10(15). https://bit.ly/3bEAjht

Wong, F., & Matalinares, M. (2011). Estrategias de metacomprensión lectora y estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Revista IIPSI*, 14(1).

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/10/2020
Aceitação/Acceptance: 19/12/2020

Diseño de un servicio de llamada anónima basada en un SBC de bajo costo

María Alejandra Zúñiga[1], Siler Amador Donado[2], Katerine Márceles Villalba[3]

mariaalezuga@unimayor.edu.co[1]; samador@unicauca.edu.co[2]; kmarceles@unimayor.edu.co[3]

[1, 3] Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[2] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Carrera 2 #4N-140, 190003, Popayán- Cauca, Colombia

Pages: 276-288

Resumen: El presente artículo, detalla la investigación e implementación del servicio de llamada VoIP portable basado en un SBC de bajo costo, basado en el concepto de servicio de navegación anónima portable, cuya característica principal es el cambio de dirección IP contaste a la hora de realizar el servicio de llamada VoIP, con el propósito de disminuir rastros y por ende dificultar la identificación del usuario al realizar la llamada. Es así como se entra a estudiar el concepto de seguridad en las llamadas de tipo VoIP, y donde se destaca también una infraestructura de red especial, la cual se requiere de complementos como de software libre y herramientas de hardware de costo reducido.

Palabras-chave: Llamadas VoIP, Raspberry pi, Bajo costo, Anonimato, Asterisk.

Design anonymous call service based on a low cost SBC

Abstract: This article details the research and implementation of the portable VoIP calling service based on a low-cost SBC, based on the concept of anonymous portable browsing service, whose main characteristic is the change of IP address you counted when making the VoIP call service, with the purpose of reducing traces and therefore making it difficult to identify the user when making the call. This is how the concept of security in VoIP calls is studied, and where a special network infrastructure is also highlighted, which requires complements such as free software and low-cost hardware tools.

Keywords*:* VoIP calls, Raspberry pi, low cost, anonymity, Asterisk.

1. Introducción

Este artículo presenta una alternativa de comunicación basada en llamadas de tipo VoIP, donde su característica diferenciadora es el cambio de esta dirección constante y de manera continua a través del uso de dispositivos de bajo costo como son las placas

de computador reducida (SBC). Lo anterior, se centra en la inseguridad que se puede llegar a presentar a la hora de realizar llamadas de tipo VoIP, cuya inseguridad puede traer para los usuarios consecuencias como el robo de información por parte de los ciberdelincuentes quienes fijan su atención hacia los dispositivos de mayor uso, por lo cual éste surge como respuesta a la problemática planteada para garantizar la seguridad a la hora de utilizar un servicio como de las llamadas de tipo VoIP por internet.

Esta investigación se llevó a cabo bajo la metodología denominada Estudio de Caso De YIN, la cual esta fundamentada en cinco pilares que son: el diseño del caso de uso en este caso seria el planteamiento del problema en cuanto a la problemática que hace surgir esta idea de investigación y su posible solución; la segunda la preparación de instrumentos de recolección de datos, donde se hace un estudio amplio de todas las referencias bibliográficas que pueden aportar directa o indirectamente al proyecto; un tercer pilar donde es sesgada esta información dejando así solo lo más relevante para el proyecto y posteriormente pasar al cuarto pilar de la metodología de estudio de caso el cual es el análisis del caso que abarca toda la información recolectada anteriormente hasta llegar a la parte final de la elaboración del informe obteniendo así como resultado un servicio de llamada anónima basada en un SBC de bajo costo, lo cual se convierte en un servicio innovador debido a la importancia que tiene la portabilidad y el bajo costo que puede tener y aportar esta idea en el ámbito de la seguridad informática. A continuación, se describe el desarrollo de la investigación con los apartados siguientes: en la sesión dos aspectos conceptuales donde se definen conceptualmente los temas ejes de la investigación; en la sesión tres trabajos relacionados contempla los referentes teóricos que fundamenta el proceso desarrollado; en la sesión cuatro se define la metodología que permitió ejecutar las actividades y estructurar el dispositivo; en la sesión cinco experimentos y pruebas que se realizaron con el ánimo de validar la funcionalidad del producto y finalmente en la sesión seis se encuentran las conclusiones a partir del análisis de las pruebas.

2. Aspectos conceptuales

Entre los aspectos conceptuales que se pueden destacar en este trabajo se encuentran:

2.1. Asterisk

Es una completa solución de central de direcciones IP por software es una herramienta soportada por cualquier sistema operativo que este basado en Linux lo que la relaciona con el proyecto puesto que éste es basado en un sistema operativo llamado Raspbian también cuenta con interfaces apropiadas para telefonías y la ejecución de llamadas VoIP proporciona funcionalidades como buzones de voz, respuesta de voz interactiva IVR, etc. y ofrece servicios adicionales que tal vez no se encuentren en otras herramientas centralitas como grabación de llamadas extensiones remotas entre otras. Asterisk es una herramienta que aporta a este proceso una arquitectura abierta, lo cual brinda más flexibilidad, control, creatividad y a muy bajo costo, estas características y funcionalidades son muy significativamente en cuanto al cumplimiento del objetivo general que es el servicio de llamada aportando la posibilidad y facilidad de modificación ajuste y correcciones en implementación sin poner en riesgo su calidad y costo. Es de resaltar, que todo se realiza vía

software y se hace de una manera que pueda inter-operar con otros sistemas o tecnologías de manera clara y cercana, todo esto se evidencia con la implementación del mismo bajo la prueba de llamadas anónimas realizadas para este proyecto (Asterisk, 2019). No obstante, es una plataforma telefónica de código abierto (GPL).

Otro de los aspectos a considerar son los SBC (Single Board Computer) como su nombre lo indica es un sistema computacional en una sola placa (Llorca, 2016) (Pajankar, 2017), éste contiene todos los componentes básicos de hardware para llevar a cabo tareas designadas a sistemas tradicionales de computo; en este trabajo se analizaron las características de estos dispositivos y se aprovechó para implementar una configuración eficiente en la construcción de un sistema de llamada VoIP que garantice la eficiencia y efectividad a la hora de realizar una llamada bajo una red de internet.

2.2. Voz sobre IP

esta es una tecnología que traduce la voz en paquetes de datos que se transmiten a través de internet; en esta tecnología la voz pasa de transmitirse de forma analógica a manera digital por lo que implica una conexión continua a internet. Esta telefonía trae grandes ventajas como el ahorro de costos, debido a que cuenta con conexiones con accesos directos para realizar llamadas tanto nacionales como internacionales sin contar con el pago fijo elevado por adquirir el servicio; además se puede lograr una conexión con múltiples dispositivos que cuenten con el acceso a internet. La tecnología de llamadas VoIP además de contar con grandes ventajas también posee riesgos y vulnerabilidades para sus clientes por el hecho de estar conectado a una red de internet (Matango, 2016). Las llamadas sobre voz de IP brindan una seguridad únicamente dirigida a la restricción de llamadas salientes a destinos nacionales e internacionales y proporciona control de llamadas de usuarios, lo cual no disminuye en gran medida la vulnerabilidad de la información que puede estar expuesta al momento de realizar peticiones bajo una conexión a internet, por lo que es requerida para su funcionamiento; de esa manera se puede llegar a generar que múltiples dispositivos distintos entren en conexión con el equipo vulnerable y al mismo tiempo podría disminuir la seguridad al realizar este tipo de llamadas, es por esto que la idea de este proyecto es minimizar este tipo de vulnerabilidades y ataques, para brindar la confidencialidad, disponibilidad e integridad de los usuarios que realicen este tipo de peticiones o llamadas, las cuales son útiles y de bajo costo en la nueva era de la tecnología.

3. Trabajos relacionados

Para abordar este trabajo de investigación se llevó acabo previamente una revisión exhaustiva relacionada con la documentación pertinente, el cual apoyó el desarrollo y construcción del servicio de llamada anónima basada en SBC de bajo costo, entre ellos están:

3.1. Artículo servicio de navegación anónima basada en un Raspberry Pi

Este artículo (Maria Alejandra Zuñiga, 2020), esta basado al igual que éste trabajo en la protección de la información que viaja por la internet cuando se hace una petición a

través de ese medio todo lo que circula corre el riesgo a estar expuesto a ciberataques y robos de datos personales. Este trabajo de investigación pretende minimizar el riesgo de la información que viaja en las redes de comunicaciones, la cual puede estar expuesta a las diferentes amenazas que trae consigo el internet y por ende permitirle al usuario establecer comunicaciones seguras al momento de realizar una petición a través de la red por medio de la utilización de un dispositivo de bajo costo portable a diferencia de éste se enfoca en la navegación anónima aportando en gran medida el aspecto de los cambios de IP constantes para garantizar la privacidad, confidencialidad e integridad de los datos a la hora de navegar por internet en este caso al momento de realizar una llamada.

3.2. Análisis y resultados sobre el uso de la telefonía IP en las PYMES

(Castillo, 2013) En este artículo se plantea una investigación de tipo descriptivo, utilizando la encuesta como técnica de recolección de información para el análisis de la situación real y actual de la telefonía IP en diferentes sectores empresariales. Con los resultados se da ha conocer el estado real de esta tecnología en la ciudad y busca proponer estrategias que permitan la incorporación de la telefonía IP en las PYMES, éste es un estudio poblacional que aporta en medida a esta idea puesto que la población que utiliza las llamadas VoIP para la comunicación en sus empresas tanto interna como externamente son quienes necesitarían tener una medida de seguridad para la información que pueda estar vulnerable al utilizar este tipo de tecnologías.

4. Metodología

Según la metodología que se aplicó para el desarrollo y ejecución de este proyecto denominada estudio de caso de YIN (Martines Carazo, 2006) y aplicando las fases que esta misma específica entre ellas: la investigación de los dispositivos más adecuados a utilizar para determinar la eficiencia de la ejecución de la llamada anónima y buscando el cumplimiento del plus principal de esta investigación se utilizó el dispositivo Raspberry pi 3 model B+ (Velasco, 2018), dado que es un computador de placa reducida o computador de placa simple (SBC) de un bajo costo; cabe anotar que no se clasifica como un hardware libre, aunque si su distribución. Esta es una placa con un conjunto reducido de circuitos con rendimientos aceptables en RAM 1GB LPDDR2 SDRAM, un módulo de Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth, CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz, Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps), 4 puertos USB 2.0, Salida de audio estéreo y vídeo compuesto entre otras herramientas fundamentales, en este proyecto está el uso de micro SD clase 10 para la instalación del sistema operativo elegido anteriormente, la herramienta de Asterisk y la instalación de PROXYCHAINS, este tipo de herramientas que se empleó son un factor que debe tenerse en cuenta al elegir dispositivo de almacenamiento, debido a su consumo de recursos y para que al momento de realizar una petición de llamadas, ésta no cuente con interrupciones o caídas de la llamada por capacidades del dispositivo elegido; debido a que se ocupan archivos con mayor peso y que deben estar disponibles en un menor tiempo hay que optar por una SD Clase 10, de

32GB como se hizo para este caso; estas son algunas de las herramientas y servicios que se necesitaron para la consecución y ejecución de esta investigación.

Para la implementación del servicio anónimo de llamadas se utilizó en el dispositivo SBC seleccionado, la instalación de Asterisk (Asterisk, 2019) puesto que esta es una plataforma telefónica de código abierto (GPL) que pretende revolucionar el mundo de las comunicaciones IP frente a las tradicionales soluciones de grandes corporaciones (Quarea, 2019) entre ellas Cisco que se caracteriza por su falta de transparencia hacia los usuarios, sus protocolos propietarios y cerrados, así como su elevado coste. Debido a esto se selecciona la herramienta Asterisk como una plataforma convergente por cuanto que unifica muchos de los servicios que, tradicionalmente, se ofrecía por separado y/o sistemas no integrados.

Inicialmente se debe realizar la descarga del sistema operativo Raspbian, el cual es una distribución del sistema operativo GNU/Linux basado en Debían, y por lo tanto libre para la SBC Raspberry Pi, la imagen de este sistema operativo se encuentra en la siguiente página: http://www.raspberry-asterisk.org y en la sesión de descargas se encuentra un hipervínculo donde se puede descargar raspbian.

Luego de descargar el archivo se procede a descomprimirlo quedando un archivo con extensión .IMG; posteriormente se guarda la imagen en una tarjeta SD con capacidad de 32 GB, con la herramienta Win32DiskImager, la cual se puede descargar de la siguiente página https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/. Después de descargar e instalar la herramienta se ejecuta y se elige la letra que corresponde a la tarjeta SD, se busca donde se tiene la imagen del SO (Sistema operativo) y se presiona en el botón “Write”.

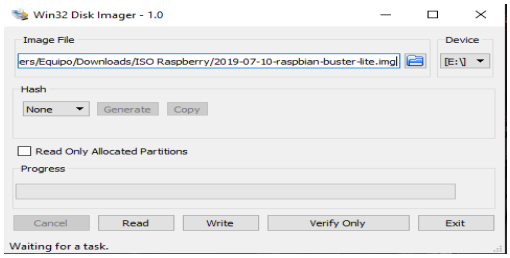


Figura 1 – Aplicación utilizada para instalar el SO

Una vez instalada la imagen en la tarjeta SD se extrae del computador y se procede a insertarla en el Raspberry.

Después de hacer la correcta instalación del sistema operativo se enciende el Raspberry con los periféricos necesarios para su correcto funcionamiento (Teclado y monitor). Luego se debe ingresar el usuario y contraseña para acceder al menú donde se realizan todas las configuraciones que se requieren.

Para la configuración inicial se ingresa al menú de configuración de Raspberry con el comando **sudo raspi-config** y se selecciona la opción **Network Options,** como se muestra en las siguientes figuras:

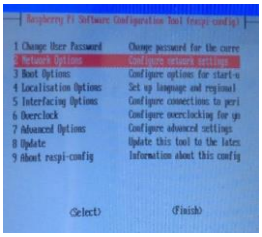


Figura 2 – Menu de configuracion de Raspberry

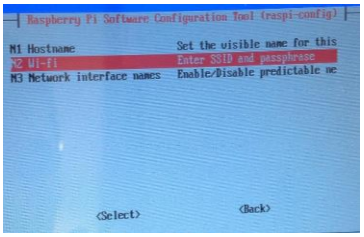


Figura 3 – Selección de conexión Wi-fi

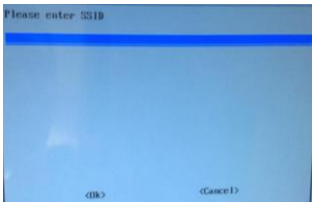


Figura 4 – Información de la red Wi-fi a conectarse.

Luego del paso anterior, se procede a realizar la conexión a internet por medio de la red Wi-fi que tenga disponible en el momento de la instalación, en la opcion Wi-fi como se visualiza en la figura 3.

En el siguiente paso, se suministra al sistema la información de la red Wi-fi como el nombre de la red y su respetiva contraseña para obtener asÍ el acceso óptimo a internet como se muestra en la figura 4.

Luego se ingresa el comando “sudo raspi-config” donde se realizan dos configuraciones, una de ellas es la zona horaria la cual se realiza de la siguiente manera: finalizado el proceso de ingreso de red Wi-fi y estar conectado, con un enter se selecciona la opción OK y se regresará al menú inicial, el cual se muestra en la figura 4 en este menú ahora se procede a seleccionar la opción “Localisation Options” aquí se elige el continente en que se encuentre; posteriormente la ciudad capital del país de residencia y seguidamente se selecciona ok y confirmar esta información, en pantalla se muestran los datos de la zona horaria que se acaba de ingresar. Con el mismo mecanismo empleado para la selección del continente se realiza la del país en este caso Colombia y se determina la zona horaria.

Realizando los pasos donde se selecciona el continente y país, el sistema arrojará la zona horaria automaticamente validando de esta forma que los datos se han ingresado satisfactoriamente mostrando un mensaje como el que se ve en la figura 5.

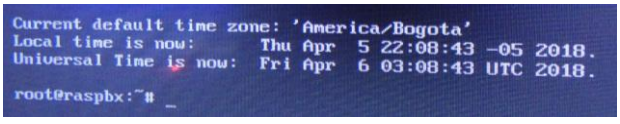


Figura 5 – Zona horaria

Una vez en la consola de comandos se implementa el comando “Reboot”, lo cual reiniciará todo el sistema para que las configuraciones tomen efecto.

Ahora se procede a actualizar el sistema raspbian ingresando los siguientes comandos uno por uno los cuales descargaran todas las actualizaciones que se necesitan:

- sudo apt-get update
- sudo apt-get upgrade

Ahora se instalan una serie de paquetes y dependencias que se necesitan para la instalación de Asterisk, se ejecutan los siguientes comandos uno después del otro.

- sudo apt-get install libsqlite3-dev libncurses5-dev libxml2-dev libnewt-dev libssl-dev libiksemel-dev libgnutls28-dev libcurl4-openssl-dev libspandsp2 libspandsp-dev mysql-client libmariadbd18 libmariadbd-dev mariadb-server unixodbc-dev unixodbc libportaudio-dev libical-dev libneon27-dev libportaudio-dev libspeex-dev speex libvorbis-dev libsrtp0-dev iptables-persistent libsox2 libsox-dev
- sudo apt-get install libuuid1 uuid uuid-dev libjansson4 libjansson-dev subversion sendmail sox ngrep

Se debe acceder a la carpeta donde se instalará Asterisk ejecutando el siguiente comando:

- cd/usr/src

Luego de ingresar en esta carpeta se procede a la descarga de Asterisk con el siguiente comando:

- sudo wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/asterisk-13-current.tar.gz

Ahora se procede a descomprimir el archive que se ha descargado con el sgt comando

- sudo tar –xf asterisk-13-current.tar.gz

Una vez que se descomprime se verifican los archivos que se tienen en la carpeta con el comando “ls” y se verán que se tienen 2 archivos, que en nuestro caso sería:

- “asterisk-13.29.1” ,será el archivo que se descomprimió para obtener el siguiente archivo:
- “asterisk-13-current.tar.gz” , éste es el archivo que se obtendrá

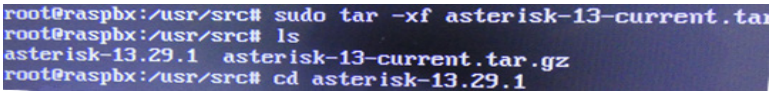


Figura 6 – Verificación de los archivos en la carpeta

Ahora se proceden a ingresar a la carpeta del archivo que se ha descomprimido (puede variar la versión, pero el proceso es el mismo) con el comando:

- cd asterisk-13.29.1/

En la carpeta asterisk-13.29.1 es donde se realizan las configuraciones e instalación del servidor Asterisk, luego se ejecuta el siguiente comando que configurará todo el archivo

que se ha descargado para luego dar paso a descargar los servicios que se van a necesitar en el servidor.

- sudo ./configure

Seguidamente se ejecutará un comando que mostrará un menú donde podrá escoger las extensiones que se van a necesitar:

- sudo make menu select

Luego de abrir el menú seleccionar las siguientes opciones, se guarda y se le da Salir y con el siguiente comando hará que se descarguen las extensiones que se deben seleccionar:

- sudo make

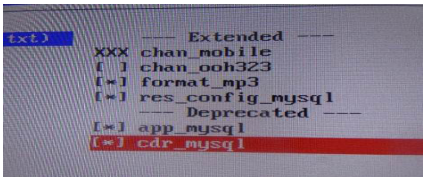


Figura 7 – Selección de las extensiones

Luego de finalizar la descarga de las extensiones se ejecuta un comando que será el encargado de instalar todo lo que se descargó anteriormente (Amoedo, 2017):

- sudo make install

Ahora ejecutar un comando que creará todos los archivos que se necesitan para configurar nuestra telefonía IP con:

- sudo make samples

Posteriormente, se ejecuta un comando que configurará automáticamente todos los archivos que se crearon anteriormente.

- sudo make config

Para finalizar la instalación de asterisk con el comando “cd” se regresa a la carpeta inicial y se ejecuta el siguiente comando para verificar que todo funcionó correctamente.

- sudo /init.d/asterisk start

Lo que hace que empiece a funcionar el servidor, y con el siguiente comando se detiene el servicio:

- sudo /init.d/asterisk stop

Para la creación de usuarios y extensiones se ingresa a la siguiente carpeta:

- cd /etc/asterisk

Luego se ingresa al siguiente archivo donde se crean los usuarios

- sudo nano sip.conf

Al digitar el comando anterior se iniciará la creación los dispositivos que serán conectados al Asterisk, en estos campos se incluye la información necesaria de cada usuario que será conectado como se muestra en la figura 8.

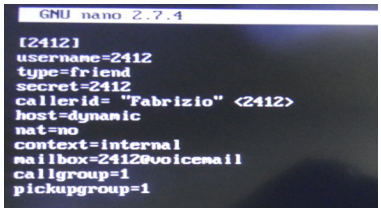


Figura 8 – Creación de usuarios

A continuación, se especifican la función de cada ítem utilizado en la creación de los usuarios:

- username – Como se identificará al usuario
- type - Tipo de cliente SIP. Existen 3 tipos: “peer”, “user” y “friend” en función de cómo se manejan las llamadas entrantes/salientes y cómo se identifica el usuario.
- secret - Contraseña que utiliza el cliente para autenticarse en el sistema.
- callerid - Define el indicador cuando no hay otra información disponible
- nat – indica si el dispositivo está detrás de una NAT
- host - Dirección IP o nombre del host que utiliza el cliente. Si está asignada de manera dinámica por DHCP, ‘ dynamic’.
- context - Contexto al que pertenece el cliente.

Después de crear el usuario se guarda presionando la combinación de teclas “Ctrl + O” después se confirma con “Enter” y luego se sale con “Ctrl + X”.

Con el comando:

- sudo nano extensions.conf

Se procede a configurar un archivo, permitiendo la comunicación entre los usuarios, tras ejecutar el anterior comando en pantalla se verá la información que se evidencia en la figura 9:



Figura 9 – Configuración para la comunicación entre usuarios

A continuación, se configurará la comunicación entre usuarios

- exten – indicamos que se trata de una extensión.
- _xxxx – significa que es la extensión que asterisk espera que se marque.

- 1 – Numero de prioridad o de orden de ejecución, indica que se ejecuta primero y luego la siguiente prioridad hasta terminar todas.
- Dial (SIP/${EXTEN} – Es la aplicación dial y le pasamos como parámetro a quien debe marcar por protocolo SIP.
- 15, tT – El numero indica el tiempo en que terminará la llamada si no contesta, "tT" hará que la finalice al no contestar.
- Hangup – Se encarga de finalizar la llamada.

Después de crear el usuario se procede a guardar con "Ctrl + O" después se confirma con "Enter" y luego salir con "Ctrl + X".

Luego de creados los usuarios deseados, se levanta el servicio de Asterisk con el comando:

- sudo /init.d/asterisk start

Posteriormente, se ingresa a la consola de asterisk con el comando:

- sudo asterisk –rvvvvvvvvvvv

Una vez dentro de la consola de Asterisk se debe ejecutar el comando "reload" para que todas las configuraciones que se realizaron tomen efecto.

Para visualizar los usuarios que se tienen registrados en asterisk se puede ingresar con el siguiente comando:

- sip show peers

Seguidamente, de la instalación de Asterisk se tiene un registro en consola de los usuarios que se encuentran en comunicación por medio de llamada VoIP como se ve en la siguiente figura:

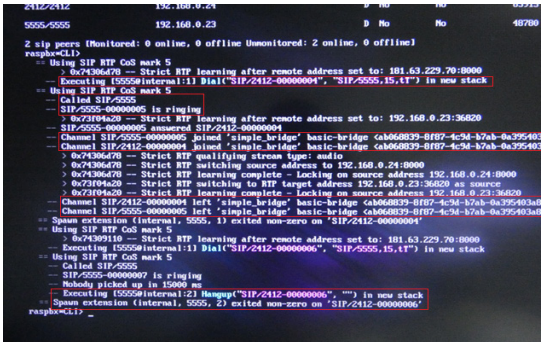


Figura 10 – Registro de llamada en la consola de Asterisk

En el primer segmento de arriba hacia abajo subrayado en rojo se puede observar que mediante las configuraciones que se realizaron en el "internal" (figura 10) en pasos anteriores, se ejecuta la primera línea de código, en la cual se puede observar que el usuario "2412" está realizando una llamada al usuario "5555" la cual está en espera para ser contestada como se observa en el segundo cuadro subrayado; en el tercer cuadro

subrayado se puede observar que se realizó la llamada con éxito permitiéndoles ingresar a un canal a cada uno donde continuara la llamada; en el cuarto cuadro subrayado se observa que la llamada finaliza y ambos salen de los canales en los cuales estaban anteriormente; y seguidamente de lo anterior se ejecuta el comando del último cuadro subrayado el hará que finalice la llamada (en ocasiones no mostrará que se ejecuta algún comando en la consola, pero si funciona todo correctamente).

Con la ejecución de los anteriores comandos se da por finalizada la configuración e instalación de Asterisk y se procede a la configuración del proxychains para enmascarar la IP original.

La configuración de proxychains fue basada en las configuraciones otorgados por Linux GZ, el cual permite realizar una correcta instalación del mismo (galicialinux, 2017) es por esto que se obtiene la implementación de los ajustes necesarios con los siguientes comandos:

En primera instancia para lograr el acceso al fichero de configuración **proxychains. conf.** El cual permite que el Proxychains busque dicho fichero de forma jerárquica a través de los siguientes directorios:

- ./proxychains.conf
- $(HOME)/.proxychains/proxychains.conf
- /etc/proxychains.conf

Teniendo en cuenta que el fichero cuenta con más opciones de configuración que se necesitan para la instalación del proxychain se especifican a continuación cuales fueron las usadas para este proyecto, como lo es:

- chain_len: esta configuración permite ver el número de proxies que se utilizarán en el encadenamiento aleatorio (random_chain).
- proxy_dns: esta opción es para realizar consultas DNS a través del proxy y evitar una fuga de información.
- tcp_read_time_out: establece un valor de timeout o tiempo de salida para la respuesta de las conexiones.
- tcp_connect_time_out: establece un valor de timeout para el establecimiento de la conexión.
- socks4 127.0.0.1 9050: proxy que trae configurado proxychains por defecto.

Para utilizar proxychains se arranca con el servicio TOR mediante el comando **sudo service tor start** y se comprueba su estado (active) a través del comando sudo service TOR status.

Tal y como se ha establecido anteriormente, proxychains por defecto tiene configurado un proxy de tipo socks4 en la dirección local 127.0.0.1 a través del puerto 9050 lo que se busca con esto, es obtener la dirección IP del hostname www.google.com y que se pretende usar el proxy SOCKS4 de Tor corriéndolo en el host 127.0.0.1 en el puerto 9050, la cual es la combinación host:port default, que se especifica igual, para mayor claridad.

Arrancando un navegador utilizando proxychains mediante el comando **sudo proxychains <aplicación> <parámetros>** se observa cómo se realiza una petición, en este caso se utilizó el **proxy local 127.0.0.1** definidos en el fichero de configuración. Con esta configuración se enmascara la IP original y se finaliza la instalación y configuración de la llamada VoIP.

Finalmente, a partir de lo propuesto se propone el siguiente diseño de red para realizar pruebas y medir en tiempo cada cuánto se realiza los cambios de dirección Ip sobre el dispositivo SBC al momento de realizar una llamada VoIP, como se muestra en la figura 11.

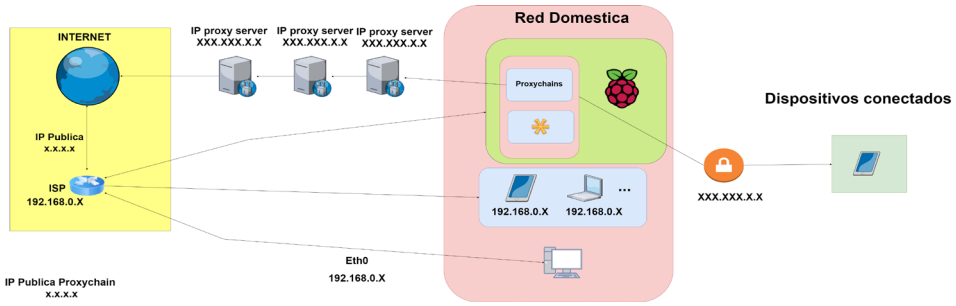


Figura 11 – Diseño de la infraestructura de red
Fuente: Autor

5. Experimentos y resultados

Según la metodología de estudio de caso de YIN y cumpliendo con la fase de recolección de información, donde se hace la elección adecuada del dispositivo, implementación y pruebas se obtuvieron unos resultados los cuales se precisa que es posible el cambio de dirección IP en diferentes ocasiones durante el tiempo de ejecución de una llamada VoIP desde el dispositivo Raspberry pi 3 Model B+ bajo la implementación de la configuración de los comandos dados anteriormente y teniendo en cuenta que en conjunto con las herramientas como Asterisk y Proxychains se obtiene el cambio de IP. No obstante, se puede llegar a establecer como análisis que es posible obtener un patrón fijo de cambio de IP, lo que garantiza de igual forma una comunicación por llamada VoIP más segura portable y de bajo costo. Para comprobar la funcionalidad del servicio anónimo se pudo determinar que el cambio de las direcciones IP fue el mismo a través de los minutos que duraba una llamada por la red, terminada ésta se detiene este cambio y se queda bajo una dirección IP fija hasta el momento de realizar otra llamada; en virtud de esto se llega a la conclusión que el cambio de dirección IP no es un cambio periódico mientras no se realice una llamada VoIP, debido a que si no se está en ejecución una llamada no se cuenta con una vulnerabilidad o conexión visible a internet, pero aunque no sea un cambio constante sí garantiza que utilizando y combinando estos servicios se puede obtener una mejor seguridad en cuanto a los rastros que se deja cada vez que se encuentra en ejecución un servicio de llamada VoIP, donde se puede estar expuesto a robos de información y/o rastreos de localización, lo cual va a dificultarle al atacante poder realizar alguna acción, por ende se disminuirá el riesgo de ser vulnerado en lo que respecta a la protección de datos personales.

6. Conclusiones

En esta fase final de la investigación se da a conocer conclusiones obtenidas por medio de las pruebas realizadas y los resultados generados a partir de las mismas, donde dichos resultados dan cumplimiento al objetivo de brindar a usuarios una seguridad en cuanto al servicio de llamada anónima basado en SBC. Concluyendo con la implementación del servicio de la llamada se determinó la elección para este servicio el dispositivo SBC Raspberry PI 3Model B+, donde la configuración estuvo basada en la instalación de Asterisk para obtener una central que permitiera la creación de usuarios, los cuales realizaran la comunicación vía llamada VoIP; además para el anonimato y enmascaramiento de la IP la configuración de un proxychains, el cual por medio de una estructura de proxy permite el cambio constante de direcciones IP, mientras se está efectuando la llamada la elección tanto del dispositivo como de los comandos a implementar fueron los correctos puesto en los resultados finales no interfirieron con el objetivo de la investigación, brindando un buen nivel de seguridad y anonimato sin sacrificar la portabilidad ni el bajo costo del servicio anónimo en este caso la llamada VoIP.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca y al grupo de investigación I+D en Informática de la Facultad de Ingeniería y a la Universidad del Cauca en especial a su grupo de investigación GTI, por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto.

Referencias

Amoedo, D. (2017). *UBUNLOG*. Obtenido de Asterisk, instalación y configuración básica en Ubuntu 18.04: https://ubunlog.com/asterisk-instalacion-ubuntu-1804/

Asterisk. (2019). *Asterisk Administrator Guide*. Recuperado el 05 de 2019, de https://www.asterisk.com/

Galicialinux. (1 de febrero de 2017). *linux GZ*. Obtenido de Cómo configurar Proxychains correctamente: https://linuxgz.wordpress.com/2017/02/01/como-configurar-proxychains-correctamente/

Maria Alejandra Zuñiga, S. A. (2020). servicio de navegacion anónima basada en un Raspberry Pi. *RISTI revista ibérica de sistemas y tecnologias de la informacion*, 587-597.

Martines Carazo, P. C. (2006). Metodologia estudio de caso. *Revista Pensamiento & Gestión*.

Matango, F. (29 de Agosto de 2016). *servervoip*. Obtenido de Tecnologías comerciales existentes de VoIP: http://www.servervoip.com/blog/tag/freeswitch/

Quarea. (2019). *Quarea*. Obtenido de ¿Que es Asterisk?: Centralita telefónica IP: https://www.quarea.com/es/que-es-asterisk-centralita-telefonica-ip

Velasco, R. (02 de julio de 2018). *hardzone*. Obtenido de Review: Raspberry Pi 3 Model B+: https://hardzone.es/2018/07/02/review-raspberry-pi-3-modelo-b/

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/09/2020
Aceitação/Acceptance: 27/11/2020

Safe-Pro: Herramienta de entretenimiento y aprendizaje en seguridad informática

Herberth Alberto Ausecha[1], Antonio José Coque Delgado[2], Katerine Márceles Villalba[3], Siler Amador Donado[4]

Alberto.ausecha@unimayor.edu.co; ajcoque@unimayor.edu.co; kmarceles@unimayor.edu.co; samador@unicauca.edu.co

[1,2,3] Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[4] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Carrera 2 #4N-140, 190003, Popayán- Cauca, Colombia

Pages: 289-302

Resumen: En la actualidad los videojuegos son una tendencia en crecimiento los cuales se han expandido en múltiples ámbitos siendo la educación un eje muy versátil. No obstante, el objetivo de este artículo es dar a conocer el procedimiento, con el cual se desarrolló un videojuego basado en trivias planteado como un refuerzo e incentivo motivacional para la educación el cual busque entretener al usuario mientras juega, junto a las pruebas que se le realizaron y como fue el impacto educativo que tuvo sobre los estudiantes que interactuaron con la aplicación. La temática abordada en el videojuego es la seguridad informática, más específicamente en la temática de los Malwares.

Palabras-clave: Videojuego, Educativo, Mecánicas, Entretenimiento, Malware.

SafePro: Videogame as an entertainment and reinforcement tool for education

Abstract: Nowadays videogames are a growing trend which have expanded in multiple fields, with education being a very versatile axis. However, the objective of this article is to publicize the procedure, with which a trivia-based video game developed as a motivational reinforcement and incentive for education was developed, which seeks to entertain the user while playing, along with the tests that are They performed it and how was the educational impact it had on the students who interacted with the application. The theme addressed in the video game is computer security, more specifically in the Malwares theme.

Keywords: Videogame, Educational, Mechanics, Entertainment, Malware.

1. Introducción

En los últimos años se ha evidenciado cómo la tecnología ha sido una herramienta de apoyo y/o refuerzo para la educación fomentando nuevas estrategias o pedagogías, las cuales permiten que el proceso de aprendizaje sea más didáctico y entretenido para los estudiantes. Los juegos electrónicos o videojuegos son una tendencia en aumento como un soporte para la enseñanza con potencia de mejorar los procesos de aprendizaje con una gran versatilidad en su manera de aplicación, aunque siendo una de las más comunes es incrementar la motivación del estudiante hacia el aprendizaje captando su atención (Torrente, Blanco, Marchiori, Moreno, Fernandez, 2010). Estas pedagogías nacientes de la tecnología se deben aprovechar para desarrollar metodologías educativas que hagan uso de estas herramientas y aprovechen formas de cómo esta actué donde el estudiante no solo desarrolle características cognitivas y de aprendizaje, sino también se encuentre entretenido en el proceso, lo que permitirá que este disfrute mientras aprende. La combinación entre un videojuego y el compromiso narrativo ha demostrado tener potencial en influir para la mejora de los profesionales del área de la medicina (Mohan, Farris, Fischhoff, Rosengart, Angus, Yealy, Wallace y Barnato, 2017), siendo ésto como referencia de su funcionabilidad se podría expandir las áreas donde sea implementado revisando las necesidades u objetivos con el que se va a fundamentar el desarrollo de estos videojuegos con fines educativos.

Denis y Jouvelot (2005) afirma: “el caso de los videojuegos en educación no se trata de utilizar remedios milagrosos no relacionados que despierten el interés de los alumnos; preferimos ver la diversión como un aprendizaje altamente motivado, donde los deseos en evolución se nutren.” La propuesta a desarrollar es un videojuego de entretenimiento educativo (Edutainment game). El cual busque enseñar de manera didáctica y lúdica una temática a través de situaciones hipotéticas y contextualizadas con el objetivo de permitir al jugador crear un vínculo entre teoría y realidad. “La motivación también conduce a la activación de estrategias cognitivas eficientes para problemas de memoria a largo plazo como monitorear, elaborar u organizar información. En el lado opuesto, la resignación y la desmotivación tienen resultados negativos en la memorización y el desarrollo personal” (Denis & Jouvelot, 2005). En base a esto se buscó agregar algunas herramientas como recompensas o resultados diferentes que incentiven en la motivación de los jugadores. Mary Jo Dondlinger (2007) en una revisión de la literatura en videojuegos educativos concluyó que los estos juegos electrónicos afectan al aprendizaje aunque las herramientas del diseño influyen y son necesarios para los resultados deseados. Siendo estas muy importantes tenerlas en cuenta desde la planeación del proyecto.

Este artículo se presenta como una demostración del proceso llevado a cabo para la creación del videojuego (SafePro) y cuál es el aporte que este brinda a la educación junto a su interacción entre usuario-aplicación y los beneficios que los jugadores pueden obtener al hacer uso del software como herramienta para sus estudios.

El videojuego se brinda como un soporte que contextualice temas teóricos permitiendo a los estudiantes comprender un poco más acerca de las temáticas por medio de situaciones hipotéticas donde esta teoría se convierta en historias ancladas al mundo real, siendo a su vez una herramienta con la que también pueda aprender el conocimiento teórico de ser necesario aunque de manera simplificada. Se planteó su implementación con el

uso de mecánicas que busquen incentivar la rejugabilidad a través de un sistema de distintos resultados, con el fin de incentivar la motivación de aprender sobre la temática seleccionada sin necesidad de que el proceso llegue tornarse tedioso en caso de tener que repetirse múltiples veces. Aunque puede tener una expansión a diferentes temas o áreas.

El alcance para el presente proyecto se plantea enfocar el videojuego en el área de la seguridad informática y seleccionando la temática de Malware y 5 niveles e historias disponibles las cuales estarán basadas en un tipo de malware diferente, permitiendo conocer cómo estos usualmente son propagados y las consecuencias que traen consigo al ser infectados. Además de entregar videojuego en una versión temprana aunque funcional mejorable en cuestiones secundarias como lo puede ser la estética.

Debido al alcance mencionado el público objetivo, el cual se tuvo en cuenta para el diseño y el que se tomó como referente para las pruebas de aprendizaje con la aplicación fue segmentado a estudiantes de programas profesionales a fines de la informática en edades promedio entre 17 a 30, con la segmentación realizada por el público objetivo se tomaron en cuenta que algunas funcionalidades como tutoriales exhaustivos podrían ser reemplazados por una interfaz simple de entender. De acuerdo a lo anterior se buscó enseñar la temática delimitada y sus diferentes historias de manera que los jugadores puedan desenfocarse un poco del aprendizaje teórico para ver cómo aplicaría lo que estudian en sus facultades a la vida real de manera hipotética.

A la muestra de la población seleccionada para las pruebas se les realizó dos test, en el cual el primero medía su grado de conformidad con la aplicación y opiniones acerca de esta, el segundo buscaba evaluar los conocimientos que adquieren de esta, siendo este segundo un tipo de examen más teórico basado en los refuerzos que tienen una tarea más bien secundaria que brinda la aplicación.

Este artículo se encuentra organizado de la siguiente manera: en la sección dos aspectos preliminares, en la sección tres los trabajos referenciados o relacionados con el juego, en la cuarta sección se tomara como tema central la aplicación y su funcionamiento, para la quinta sección la metodología que se usó para el desarrollo de este proyecto y para finalizar en la sexta se presentaran las pruebas de usuario que se realizaron con la aplicación y finalizando la séptima sección donde se plantearan las conclusiones del trabajo realizado.

2. Aspectos Preliminares

En esta sección se presentan los diferentes conceptos que se tuvieron en cuenta en el momento de desarrollo del videojuego.

2.1. Estilo de aprendizaje

Los estilos de aprendizaje son rasgos fisiológicos y psicológicos que indican como los alumnos reaccionan a diferentes ambientes de aprendizaje. Con la finalidad de ser un producto educativo estos videojuegos suelen centrar sus esfuerzos en aplicar un estilo de aprendizaje ya sea tanto sensorial (los 3 tipos más recurrentes, Visual, Auditiva, Kinestésico) o de kolb (2 tipos Convergente o activo y Divergente o reflexivo). Para el actual proyecto se tuvo en cuenta el estilo Visual, el cual es uno de tipo sensorial y se

es aplicado en los estudiantes a través de la lectura, la cual es preferida por encima de la narrativa por medios vocales, presentación de imágenes para la comprensión por lo del refuerzo que se tiene que brindar ilustraciones representativas para el aprendizaje; además de ser una táctica muy común en la actualidad por medio de videos en internet es una herramienta la cual brinda una ayuda visual al momento de observarla para la interpretación o memorización.

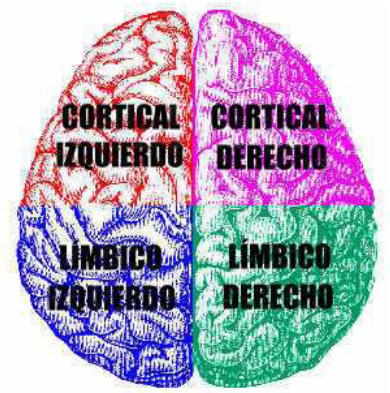


Figura 1 - Procesamiento de informacion.
Fuente: https://www.estilosdeaprendizaje.org/cerebro-aprendizaje.jpg

"El modelo de dominancia cerebral se fundamenta en que cada hemisferio procesa la información que recibe de distinta manera, por lo tanto, hay distintas formas de pensamiento asociadas con cada hemisferio" (Gutiérrez y Andrade, 2012). En base al modelo de Ned Herrmann, el cual indica que nuestro cerebro está divido en 4 cuadrantes los cuales están representados en la Figura 1. Siendo estos diferentes en el momento de pensar se podría concluir que el cuadrante del cortical izquierdo el cual es el encargado la parte lógica y analítica la cual actúa bajo un fundamento práctico y lógico será la cual está ligada al estilo de aprendizaje Visual en la cual se fundamenta la parte educativa del videojuego presentado en este artículo.

2.2. Juego Serio

Son juegos los cuales buscan cumplir con un objetivo extra al de simplemente brindar entretenimiento, teniendo una gran cantidad de opciones de ramas de aplicación, siendo algunas de estas la salud, educación, ciencias, entre otras. En los últimos años y con el avance de nuevas tecnologías como lo son motores gráficos de mayor potencia, los juegos serios se abren terreno en la industria siendo para este caso específico el área de la educación donde es aplicado para la mejora de procesos de enseñanza-aprendizaje (Díaz, 2014). Dependiendo de su aplicación la funcionalidad puede cambiar siendo para los niveles de primaria o secundaria una herramienta para aprender las cosas de manera más rápida, mientras que para programas profesionales es usualmente visto como una forma que permite aprender conceptos técnicos para posteriormente aplicar al mundo real. "Una vez que aceptamos que los videojuegos se pueden usar como herramientas

educativas, queremos introducirlas en Procesos CSCL (Aprendizaje Colaborativo soportado por computador). Los humanos pueden interactuar en varios aspectos de su vida diaria y en particular, en su proceso de aprendizaje"

2.3. Seguridad informática

"Se puede definir la Seguridad informática como cualquier medida que impida la ejecución de operaciones no autorizadas sobre un sistema o red informática, cuyos efectos puedan conllevar daños sobre la información, comprometer su confidencialidad, autenticidad o integridad, disminuir el rendimiento de los equipos o bloquear el acceso de usuarios autorizados al sistema"(Vieites, 2006).

2.4. Mecánicas de jugabilidad

La mecánica es el proceso básico que impulsa la acción y genera la participación del jugador (Werbanch & Hunter 2012). Entre las mecánicas de las cuales los autores afirman más importantes se incluirán en el proyecto las siguientes:

- Desafíos (rompecabezas u otras tareas que requieren esfuerzo para resolver)
- Oportunidad (elementos de aleatoriedad)
- Retroalimentación (información sobre cómo le está yendo al jugador)
- Recompensas (beneficios por alguna acción o logro)

Mecánicas de más bajo nivel

- Logros (objetivos definidos)
- Avatares (representaciones visuales del personaje de un jugador)
- Insignias (representaciones visuales de logros)
- Niveles (pasos definidos en la progresión del jugador)

3. Trabajos Referenciados

Para la elaboración de este proyecto se tuvo en cuenta como refrentes otros videojuegos similares como antecedentes. En la tabla 1 se visualizaran las referencias usadas y su respectiva información, la cual sera Nombre del producto, una descripción corta de la aplicación el costo en el mercado colombiano (pesos) y las plataformas en la que es soportado.

Nombre	Descripción	Costo	Plataforma
Majotori	La bruja Lariat hará tu deseo realidad si le ganas a una partida de trivia friki, pero si pierdes ocurrirá una desgracia en su lugar. (Majorariatto, 2017)	COL$ 11.900	Windows, Mac OS, Android.
Millonario 2019	Es un juego emocionante basado en el popular programa de televisión, donde tienes que responder 15 preguntas. Cada pregunta tiene 4 respuestas posibles, de las cuales solo una es correcta. (Trivia_Quiz, s.f.)	Gratis	Android

Nombre	Descripción	Costo	Plataforma
Preguntados	El juego cuenta con más de 90.000 preguntas diferentes divididas en 6 categorías. Además, tendremos 4 tipos diferentes de 'power ups' para ayudarnos en las situaciones más difíciles (Etermax, 2013)	Gratis	Android, Web, IOS

Tabla 1 – Lista y descripción de videojuegos usados de referencia.

"A lo largo de 3 décadas de producción de juegos, las mejoras tecnológicas en el diseño de juegos dieron como resultado un aumento dramático del deleite sensorial, principalmente visual y sonoro" (Weber y Ritterfeld, 2005). Se buscó implementar mecánicas actuales para el diseño del videojuego SafePro las cuales cubrirán desde las básicas de un juego de trivia genérico como lo puede ser Millonario 2019, hasta la implementación de las mecánicas mencionadas en la sección 2.4, las cuales permiten tener estándares para ser considerado un juego con buenas bases en cuestiones de jugabilidad. En ese orden de ideas, se tomó una jugabilidad de múltiples finales y selección de personajes vista en Majotori junto a la selección de temáticas varias y preguntas personalizadas por tema de Preguntados las cuales se adaptaron para generar un producto diferente con un valor agregado diferenciador de los mencionados anteriormente el cual se enfocaría en ser un videojuego con objetivo principalmente educativo centrando esfuerzos en el factor del entretenimiento.

4. Descripción del videojuego SafePro

4.1. Metodología y soporte

"El desarrollo de videojuegos no sigue estrictamente una metodología específica, pero hay varios procesos que facilitan el desarrollo por parte del equipo de trabajo." (Murillo, Rocha, Ibañez, Quiroz, Sahonero y Palacios, 2018). Para la elaboración de este trabajo se optó por seleccionar la metodología SUM, la cual posee la siguiente estructura: Concepto, Planificación, Elaboración, Beta y Cierre. Siendo un desarrollo en base a sprints los cuales fueron empleados a partir de la etapa de elaboración dividiéndose en 4 donde los 2 iniciales fueron destinados al desarrollo del videojuego y los otros 2 restantes a las pruebas y detalles finales dados por los sujetos de prueba. En la etapa de concepto se decidió el tipo de videojuego que se realizaría, los requisitos funcionales y no funcionales, su gameplay y las historias de los personajes, para la planificación se realizó un cronograma de actividades con el fin mantener un orden para la realización de las tareas cediendo responsabilidades a los miembros del equipo, además revisar las necesidades del proyecto como lo son recursos en cuestión de software tales como: el motor gráfico, en la etapa de elaboración se realizaron 2 sprints donde se inició con el desarrollo del videojuego, el primer sprint se centró en la realización de las interfaces de menú necesarias y perfil de usuario visibles en la figura 2. Mientras que en el segundo sprint se buscó implementar la fase del gameplay y sus interfaces con el objetivo. Al momento de la Fase de beta y sus últimos 2 sprints se arrastraban algunos errores en

base a el aprendizaje y mal uso del motor gráfico que retrasaron el desarrollo y en su primer sprint se centró en con la aplicación en su versión actual para ese momento corregir los errores presentes y con ayuda de un docente supervisor pulir las interfaces, ya para el segundo sprint de la fase de beta se prepararon y realizaron las pruebas para su respectivo análisis y retroalimentación. En la fase final o cierre se terminó la versión final del videojuego con el alcance mencionado en la sección 1 del documento.

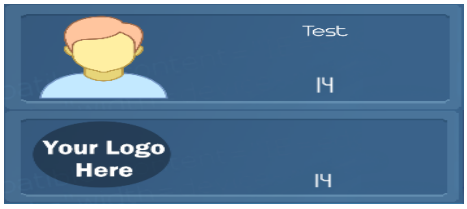




Figura 2 – Interfaces del videojuego SafePro

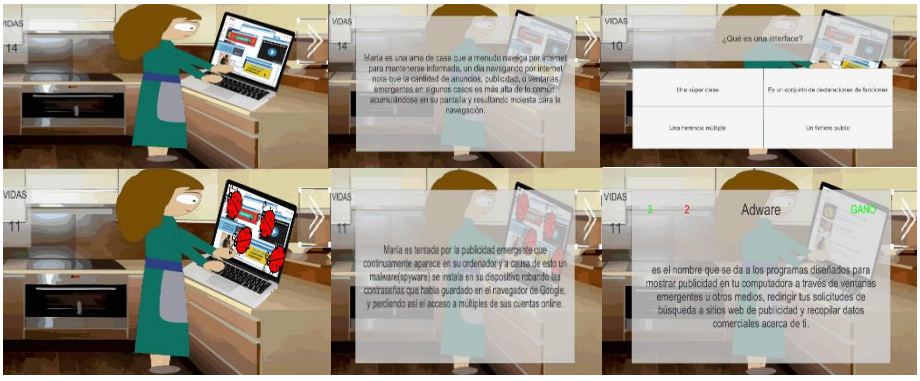


Figura 3 – Interfaces del videojuego SafePro

"Unity definitivamente se destaca entre los game engine (...). Con más de 30 millones de dispositivos en manos de usuarios, porque no escogerías la plataforma de Unity para tu próximo hit móvil" (Finnegan, 2015). Por la accesibilidad a un mayor público dado por los dispositivos Android, capacidad y ayudas para desarrolladores brindadas por el motor gráfico Unity. Se seleccionaron estas 2 como plataforma y motor de desarrollo respectivamente, además de uso de recursos audiovisuales gratuitos para la elaboración del videojuego.

4.2. Descripción del videojuego.

Es un videojuego 2D de trivias, el cual reemplaza los niveles por personajes y sus historias. La primer acción del jugador en la aplicación será crear su perfil donde se especifique el nombre de usuario y su género a través de un menú el cual también sera accesible desde el menú principal cuando se requiera. Esta información será visible desde la interfaz principal tal como se puede apreciar en la Figura 2, la cual es una recopilación de las interfaces principales de menú del juego. Extra al nickname y genero del usuario existirá un valor el cual será el número de vidas del usuario (Se contará con un máximo de 15 vidas, y se obtendrá una cada 1 minuto).

El juego contará con la temática de Malware donde se encuentran personajes con 2 posibles finales (uno bueno y otro malo), al seleccionar una un personaje se presenta la historia de este y posteriormente seguirá con una ronda de 5 preguntas aleatorias sobre las diversas áreas de la seguridad informática donde el cálculo de las respuestas correctas o incorrectas dará el desenlace de la historia del personaje (3 respuestas correctas como mínimo para el final bueno y en caso de que no cumpla esta condición enseñara el final malo), el responder mal una pregunta restará una vida al jugador (La aplicación enseñara la respuesta correcta y una corta explicación de esta) y el ganar una ronda sumará 1 vida. Los personajes contaran con imágenes que busquen representar sus historias gráficamente, dichas historias estarán relacionadas con un tipo de malware en particular, esto debido a que en la versión actual de la aplicación es la única temática disponible. En esencia es dejar que el jugador escoja un personaje y depende de su desempeño al momento de jugar las trivias se decidirá el destino del sujeto al cual se seleccionó, con la finalidad de dar algo más de inmersión al jugador dentro de la historia que él mismo seleccionó. Siendo esto un elemento de jugabilidad interactiva, debido a la causa y consecuencia dando una capacidad de creer en lo que se juega e integrarse en este mundo virtual (Gonzales, Padilla, Gutiérrez y Cabrera, 2008)

5. Pruebas y Resultados.

La prueba fue realizada a 5 estudiantes de primer semestre del programa Tecnología en Desarrollo de Software de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca. Este test constaba de 3 partes: la primera, se le explicaba al usuario en qué consistía la misma y se le realizaba una encuesta en la que se obtenían datos personales, así mismo se evaluaron algunos conocimientos previos. La segunda parte consistió en asignar una serie de tareas al usuario para que las realizará en el juego, finalmente, la tercera parte consistió

en evaluar mediante un post-test los conocimientos aprendidos en el juego y aplicar un cuestionario de satisfacción del juego.

5.1. Encuesta Post-Test Realizada

Numero	Pregunta
1	¿Pudo completar las tareas planteadas?
2	¿Considera que la información requerida en la prueba ha sido fácil de encontrar?
3	¿Se ha sentido orientado dentro del videojuego SafePro?
4	¿Considera que es fácil navegar dentro del menú proporcionado por el videojuego SafePro?
5	¿Considera adecuadas las historias proporcionadas en el videojuego SafePro?
6	Su grado de satisfacción en cuanto a la música de fondo del videojuego SafePro es:
7	Su grado de satisfacción en cuanto al sonido que se produce al presionar los botones del videojuego SafePro es:
8	Su grado de satisfacción en cuanto al diseño (interfaz) del videojuego SafePro es:
9	Su grado de satisfacción en cuanto a las preguntas presentadas en el videojuego SafePro es:
10	Usted califica su grado de satisfacción en el uso del videojuego SafePro como:
11	¿Volvería a utilizar el videojuego SafePro?
12	¿Considera adecuados los colores utilizados en el videojuego SafePro?
13	¿Qué fue lo que más le gusto del videojuego SafePro?
14	¿Qué fue lo que más le disgusto del videojuego SafePro?
15	¿Qué fue lo que más le disgusto del videojuego SafePro?

Tabla 2 – Definición de algunos estilos

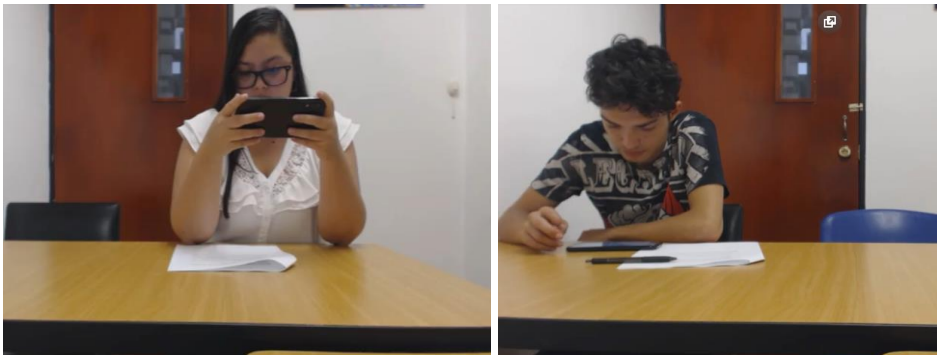


Figura 4 – Sujetos de prueba.

En la figura 3, se puede apreciar el cuestionario que se le aplicó a los usuarios y también se puede evidenciar en la figura 4 el momento de la aplicación de la prueba. Las preguntas de la 1 a la 12 tienen una calificación numérica de 1 a 5 donde se describe la opinión del usuario siendo el valor de 1 una opinión negativa, 3 neutral y 5 positiva acerca de la pregunta realizada. Las preguntas 13 a 15 son de tipo abiertas por lo que requieren un análisis por separado.

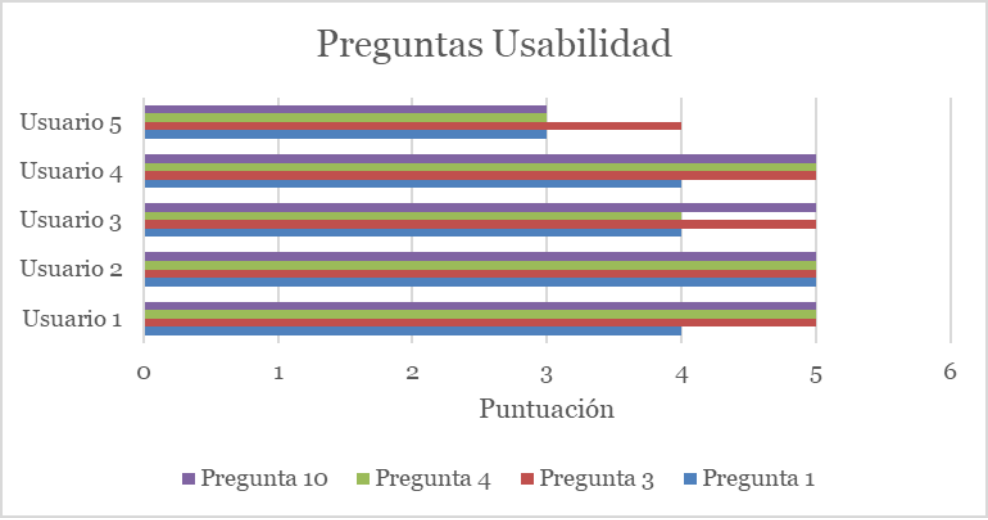


Figura 5 – Respuestas acerca de la usabilidad a la Encuesta.

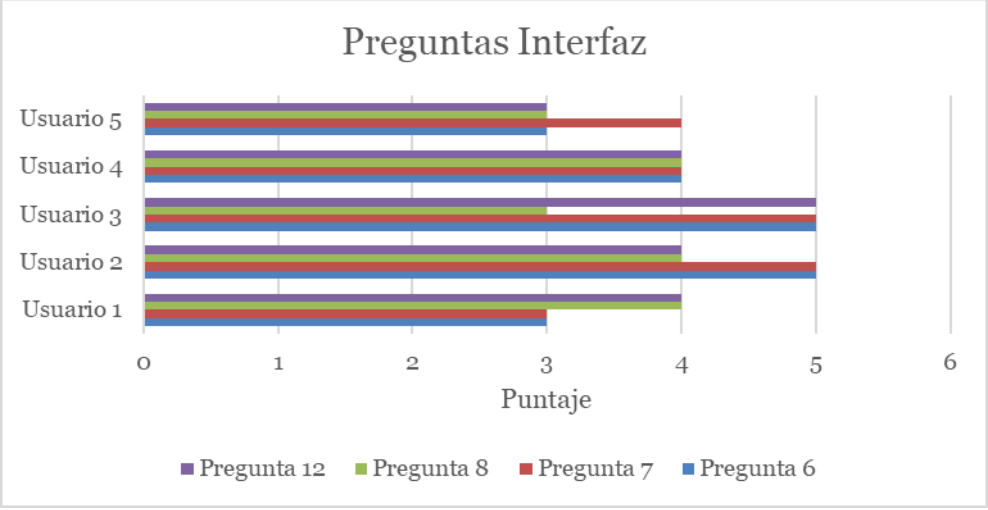


Figura 6 – Respuestas acerca de la interfaz a la Encuesta.

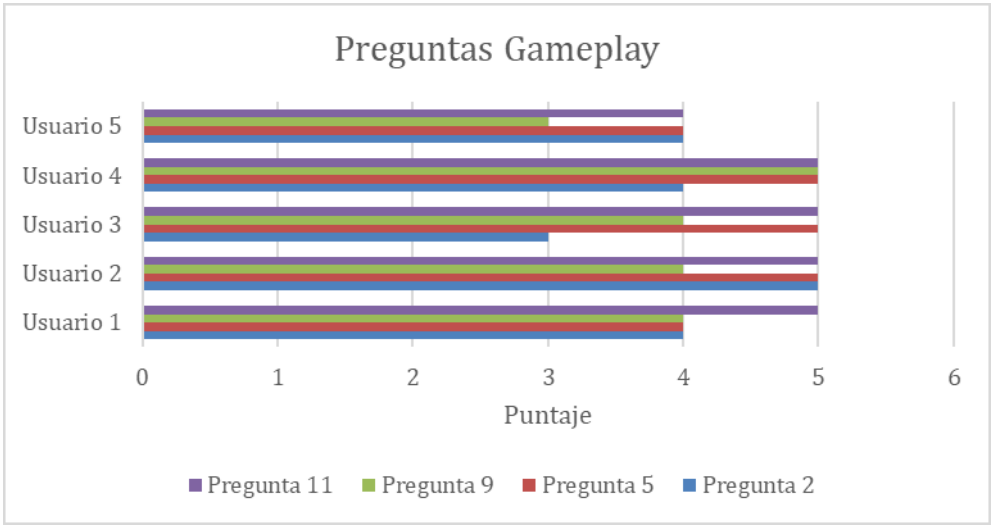


Figura 7 – Respuestas acerca del gameplay a la Encuesta.

	Pregunta 13	**Pregunta 14**	**Pregunta 15**
Usuario 1	Es intuitivo y fácil de usar, además algunas de las preguntas son realmente fáciles de responder. Tiene un buen diseño visual	Algunos botones son poco intuitivos	Si, sin embargo según mi conocimiento tengo algo de desacuerdo en cuanto a las respuestas de algunas preguntas.
Usuario 2	Ayuda a entender y comprender situaciones cotidianas para evitar infecciones maliciosas	Respuestas ubicadas en el mismo lugar pueden ser memorizadas	Si, son fáciles de entender de esta manera
Usuario 3	Me gusto la manera en la que plantea los problemas con ejemplos de la vida real	Se podría mejorar el color o forma de los botones para que sea más amigable	Fueron cortas concisas y muy específicas de algunos temas no muy conocidos
Usuario 4	Las historias de los personajes además de la información sobre malware	Al terminar el color verde era demasiado encendido	Si lo fueron, eran puntuales y algo fáciles, perfectas para personas con pocos conocimientos en informática
Usuario 5	Me gusto las historias de cada personaje	Nada	Algunas confusas

Tabla 3– Respuestas a preguntas abiertas

	Respuestas correctas Pre-Test	Respuestas Correctas Post-Test
Usuario 1	5/8	6/8
Usuario 2	6/8	5/8
Usuario 3	5/8	5/8
Usuario 4	4/8	6/8
Usuario 5	3/8	2/8

Tabla 4– Conocimientos Previos y obtenidos

En la taba 4 se logran observar resultados contradictorios, aunque algunos usuarios mejoraron 1 o 2 de sus respuestas otros se equivocaban, la aplicación no es muy eficaz como base teórica, debido a que los sujetos de prueba se enfocaban más en las historias de los personajes las cuales les atraían que en las explicaciones teóricas breves que se brindaban. Esto puede dar a concluir que el videojuego SafePro tiene más utilidad como software de apoyo a clases que como herramienta de estudio individual.

De la figura 7 se logra concluir que el 60% de los participantes en la prueba consideran adecuadas las historias a los contextos y un 40% está de acuerdo. Adicionalmente en las preguntas abiertas, el 80% de los participantes manifestó que las historias proporcionaban gran interés y agrado, dado que eran tomadas de situaciones reales y que les enseñaba diferentes situaciones. Además cabe destacar que en las preguntas abiertas un 80% coincidió en que las preguntas son cortas y claras. Así mismo se realizaron algunas recomendaciones, como aumentar el número de preguntas y que se elevará el nivel de complejidad para que no se hiciera tan sencillo pasar.

En contraste de las figuras 5 y 6 los usuarios expresan que la aplicación es fácil de usar aunque visualmente no es muy atractiva, esto se puede complementar con las respuestas de la pregunta 14 en la tabla 3 debido a que existieron algunas quejas sobre los colores y botones que había en la aplicación.

Acerca de la tabla 3, se puede notar que en general los usuarios en sus respuestas a la pregunta 12 demostraron interés y en las historias de los personajes las cuales eran el foco principal de la aplicación quienes buscaban enseñar sobre la temática seleccionada. Por otra parte se encontraron algunas quejas sobre la estructura de las rondas de preguntas de trivia, esto pueda que se deba al cambio que se realizó a la aplicación para adaptar las preguntas que inicialmente iban a ser de seguridad informática por lo que fueron reemplazadas por preguntas de informática fáciles y lenguajes de programación, ya que que el público a quien iba dirigido eran estudiantes de primer semestre.

6. Conclusiones

Se deben aprovechar los recursos actuales que nos proporciona la tecnología para llegar de forma más entretenida a los jóvenes, puesto que al hacer uso de mecanismos didácticos y dinámicos se despertará más el interés de éste por aprender, dado que no se sentirá evaluado todo el tiempo, sino que se sentirá parte de un juego en el que puede aportar y a la vez recibir aprendizajes.

Se puede concluir que los usuarios realmente obtienen conocimientos al hacer uso del juego, adicionalmente que si se jugara de manera repetitiva, se podrían fortalecer y adquirir conocimientos más sólidos; cabe aclarar que ésto solo podría ocurrir en el caso de que se hiciera el juego más dinámico y se evitará caer en la monotonía, puesto que ésto provocaría el desinterés del usuario frente al uso constante del mismo.

Aunque la aplicación demostró no dar resultados positivos en el test teórico, caso contrario ocurrió en cuanto a la generación de interés de los usuarios en los temas, permitiendo 2 opciones para futuras implementaciones del software, hacer el contenido teórico más ligero y llamativo para que los usuarios fortalezcan este lado y continuar con la implementación de historias las cuales permitan conocer como los contenidos de las clases se verían reflejados en el mundo real a través de las historias con múltiples resultados.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca y al grupo de investigación I+D en Informática de la Facultad de Ingeniería y a la Universidad del Cauca en especial a su grupo de investigación GTI, por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto.

Referencias

Denis, G., y Jouvelot, P. (2005). Motivation-driven educational game design: applying best practices to music education. *Paper presented at the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology, Valencia, Spain. Pages* 462-465.

Díaz, F. (2014). Juegos serios, evaluación de tecnologías y ámbitos de aplicación (Tesis de especialidad). Universidad Nacional de La Plata.

Dondlinger, Mary. (2007). Educational Video Game Design: A Review of the Literature. Journal of Applied Educational Technology. 4.

Etermax. (26 de octubre de 2013). Preguntados. Obtenido de https://www.preguntados.com

Finnegan, T. (2015) Learning Unity Android Game Development. Birmingham, Reimo Unido: Packt Publishing.

Gómez-Vieites, A. (2006). *Enciclopedia de la seguridad informática*. Madrid,España: Alfaomega.

González Sánchez, J.L., Padilla Zea, N., Gutiérrez, .F.L y Cabrera M.J. (2008) De la Usabilidad a la Jugabilidad: Diseño de Videojuegos Centrado en el Jugador. IX Congreso Internacional Interacción. Albacete 9-11 de Junio de 2008

Martínez Gutiérrez, G., Manzo Andrade S. (2012). APLICACIÓN DEL MODELO CUADRANTE CEREBRAL DE. *Tomo 3: Procesos de enseñanza y aprendizaje: estudios en el ámbito de la educación media superior y superior*, 93-103.

Majorariatto. (28 de Marzo de 2017). Majotori | Majorariatto, indie game studio. Obtenido de http://www.majorariatto.com/es/majotori

Mohan, D,. Farris, C., Fischhoff, B., Rosengart, M., Angus, D., Yealy, D., Wallace, D., Barnato, A. (2017). Efficacy of educational video game versus traditional educational apps at improving physician decision making in trauma triage: *Randomized controlled trial. BMJ*. 359. j5416. 10.1136/bmj.j5416.

Murillo Sanchez, X., Rocha, A., Ibañez Illanes, A., Quiroz Perez, J., Sahonero, G y Palacios, F. (2018). Implementación de la metodología SUM modificada para el desarrollo de videojuegos orientados al aprendizaje en Bolivia. 15th Ibero-American Symposium on Education, Cybernetics and Informatics, SIECI 2018; At Orlando, United State.

Ritterfeld, U., Weber, R. (2006). Video Games for Entertainment and Education. Playing Video Games: Motives, Responses, and Consequences. 399-413.

Torrente, J., del Blanco, A., Marchiori, E. J., Moreno-Ger, P., y Fernandez- Manjon, B. (2010). : Introducing educational games in the learning process. IEEE EDUCON 2010 Conference. doi:10.1109/educon.2010.5493056.

Trivia_Quiz. (s.f.). Millonario 2019. Obtenido de https://play.google.com/store/apps/details?id=com.trivia.milles&hl=es

Werbanch K., y Hunter D. (2012) Fort he win: How Game thinking Can Revolutionize your Business. *Philadelphia: Wharton Digital Press*.

Zea N. P., Sanchez J. L. y Gutierrez F. L., "Collaborative Learning by Means of Video Games: An Entertainment System in the Learning Processes," *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Riga, 2009, pp. 215-217. doi: 10.1109/ICALT.2009.95

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/09/2020
Aceitação/Acceptance: 07/11/2020

Gestor Unificado de Amenazas Basado en un Raspberry Pi

Alexander Mampotes[1], Katerine Márceles Villalba[2], Siler Amador Donado[3]

alexandermampotes@unimayor.edu.co[1]; kmarceles@unimayor.edu.co[2]; samador@unicauca.edu.co[3]

[1, 2]Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[3] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Carrera 2 #4N-140, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

Pages: 303-316

Resumen: Este artículo presenta el rendimiento de un Gestor Unificado de Amenazas basado en un Raspberry pi 3 modelo B+, el cual se ha construido como un dispositivo de seguridad informática para aquellas pequeñas y medianas empresas que no cuentan con suficiente recurso económico para proteger sus activos de información y que mediante del Gestor Unificado puedan tener controlado su infraestructura tecnológica frente a las diferentes amenazas, por lo que se encuentra integrado de los servicios como son: Baneador de IPs, un detector de intruso, un antivirus, un firewall, un Anti-Spam entre otros, permitiendo de tal manera tener estas soluciones bajo un solo dispositivo controlando todo el sistema de red que tenga la organización ofreciendo Seguridad a un bajo costo gracias al uso de un Computador de placa reducida(SBC), como lo es el Raspberry Pi.

Palabras-clave: Amenazas, Pymes, Raspberry Pi, Servicio, Seguridad informática.

Unified Threat Manager Based on a Raspberry Pi

Abstract: This article presents the performance of a Unified Threat Manager based on a Raspberry pi 3 model B +, which has been built as a computer security device for those small and medium enterprises, that do not have enough economic resources to protect their Information assets and through the Unified Manager can have controlled their technological infrastructure against different threats, so it is integrated services such as: to block Ip, an intruder detector, an antivirus, a firewall, an Anti -Spam among others, allowing in such a way to have these solutions under a single device controlling the entire network system that the organization has offering Security at a low cost thanks to the use of a single-board computer (SBC), such as Raspberry Pi.

Keywords: Threats, Pymes, Raspberry Pi, Service, Computer Security.

1. Introducción

Actualmente las pequeñas y medianas empresas (Pymes) se encuentran asechadas a múltiples ataques cibernéticos, debido a la poca inversión que éstas realizan frente a la protección de los activos de información que poseen; no porque No lo consideren importante sino por la escasa disponibilidad presupuestal que se le destinan para asegurar la información, dada a esa problemática nace la idea de construir herramientas de seguridad a bajo costo, pero que brinden la misma seguridad que los dispositivos comerciales que ofrecen este tipo de servicio de Gestores Unificados de Amenazas (UTM), pero siendo éste algo especial en cuanto a su arquitectura, precio y uso de software libre lo que hace de éstos que sean asequible e innovadores con posibilidad de una escalabilidad robusta de acuerdo a los diseños de red que tenga la Pyme.

Es importante destacar que para la construcción de este dispositivo se posee unas ventajas las cuales al centralizar los servicios de seguridad en un solo dispositivo, le permitirá al administrador de red ahorrar tiempo y reacción oportuna frente alguna amenaza y a las pequeñas y medianas empresas ahorrar dinero en cuanto a proceso de actualización, renovación de licencias, identificación de amenazas y bloqueo de las mismas en tiempo real, de tal manera que le permitirá disminuir el riesgo por ende el impacto.

En un informe presentado por el Pulso del Cibercrimen 2018, presentó que en una encuesta realizada a expertos en ciberseguridad el 90% mencionaron que sus empresas habían sido blanco de ataques entre los años de 2017 y 2018. Por lo anterior se estima que para el año 2020, el 60% de las empresas estarán vulnerables a amenazas como el phishing. Del mismo modo en Colombia las empresas Co Internet y el Centro Nacional de Consultoría, realizaron un estudio denominado "Percepciones y opiniones acerca de internet en Colombia", donde se identificó que el 14% de los colombianos han sido víctimas de robo en internet (Dinero, 2019). Dado a lo anterior, éstas son las amenazas que acechan a los activos de información, a partir de las estadísticas referenciadas en el informe anual de seguridad (Cisco, 2016), donde se evidencian claramente que las más afectadas son las Pymes, dado al poco recurso destinado para proteger su información y porque no cuentan con ningún mecanismo de seguridad en ocasiones. A partir de lo planteado, con este artículo se demostrará que para administrar de manera eficiente un red se puede llegar a tener un UTM a nivel de hardware con tan solo poco recursos en hardware y de manera económica podrá gestionar el riesgo que trae asociado cada activo de información.

2. Aspectos conceptuales de un Gestor Unificado de Amenazas

Es importante tener claro los siguientes aspectos, lo cuales son componentes esenciales que hacen parte de un Gestor Unificado de Amenazas:

UTM: Son las siglas de la "Gestión Unificada De Amenazas", y se convierte en una alternativa de solución de seguridad informática en lo que concierne a la prevención de posibles intrusos que puedan estar asechando el entorno organizacional; ésta solución se caracteriza por permitir manejar la seguridad de una red en un solo punto ejecutando servicios desde una sola consola, generalmente esta integrado por funciones como antivirus, antispyware, anti-spam, firmware de red, muchas de estas ofrecen servicios de

protección para redes privadas virtuales (VPN, virtual private network), generando con esto una solución eficiente en gran parte debido a la relación costo-eficacia y facilidad de gestión sobre estos dispositivos (Kaspersky, 2006).

Tipos de UTM en el mercado

Los Sistemas de Gestión Unificada de Amenazas se encuentran clasificados en dos grupos cada uno con sus propias características muy particulares:

Gestor unificado de amenazas basado en hardware

Los UTM de tipo hardware se define como unidades físicas cuya función es de salvaguardar la información y enfocados en la protección de sitios remotos entre las cuales se encuentran compañías pequeñas, medianas y grandes (Obando, 2017).

Entre los fabricantes de UTM basados en hardware se tienen:

- Fortinet: Presenta soluciones como el FortiGate con un todo-en-uno, los cuales son dispositivos de seguridad ideales para las organizaciones. Incluyen cortafuegos, VPN, IPS, control de aplicaciones, filtrado web, antivirus, anti spam y prevención de pérdida de datos, fácil de administrar a través de una única consola.

Gestor unificado de amenazas basado en software

Entre los UTM basados en software se cuentan con versiones comerciales y libres de pago o de código abierto.

Dentro de las aplicaciones UTM comerciales están**:**

- Sophos UTM 9: Se caracteriza por ser muy completa para la pequeña, mediana y grandes organizaciones.
- Simplewall: Gestiona un cortafuego de seguridad, con reglas de filtrado y una forma sencilla de controlar para el usuario.

Gestor unificado de amenazas de código abierto se tienen:

- Endian Firewall: Es un producto de software de seguridad basado en el sistema operativo Linux diseñado para convertirse en una solución unificada de amenazas con todas las funciones de gestión (UTM).

Amenazas: Una amenaza es todo elemento o acción que pueda colocar en riesgo la seguridad de la información, por lo que se puede decir que las amenazas aparecen a partir de la existencia de vulnerabilidades (Lujan, 2012).

Vulnerabilidad: Una vulnerabilidad es una falla o falencia que puede llegar a tener asociada un activo de información dentro de un sistema, el cual podría comprometer su confidencialidad, integridad y disponibilidad.

Raspberry pi: Raspberry PI es catalogado como un SBC, y se caracteriza por ser uno de los que menor costos existe en el mercado, éste integra conexiones como procesadores ARMv7 procesador de cuatro núcleos a 1,4 GHz de 64 bits, cuenta con una conectividad inalámbrica de doble banda y una entrada RJ45 con soporte de Power-Over-Ethernet,

HDMI, USB, SD card, RCA video, audio, puerto de 40 pins, para conexión serial y la entrada de alimentación de poder (Suzanne J. Matthews, 2016).

3. Trabajos relacionados

Para el desarrollo y estructuración del Gestor Unificado de Amenzas basado en un Raspberry Pi, se tuvo en en cuenta los siguientes referentes:

La revista Network World, en su publicación titulada **"UTM"** (NetworkWorld, 2007)**,** señala que el término UTM surgió en el 2003 por el analista de seguridad de IDC, Charles Kolodgy, presentado como un dispositivo de seguridad multipropósito con funcionalidades como: firewall, sistema de prevención de intrusos/sistema de detección de intrusos y Gateway anti-virus, integrados en un dispositivo de seguridad. Añade que este producto fue muy comercial en ese momento y no ha parado de crecer, aumentando con esto sus ganancias en 850 millones de dólares generados en el año 2006. En este negocio cuenta con la participación de agentes, entre los más centrados en la gama alta, como Fortinet, a los que se enfocan en las pymes, como SonicWall, teniendo en cuenta a Cisco que en los años 2005 empezó a ingresar en el mercado de Unified Threat Management con el lanzamiento de sus ASA (Adaptive Security Appliances). Se retoma de este artículo que los dispositivos de UTM ofrecen un entorno de desarrollo integrado con varias funcionalidades y pueden ofrecer a las pymes un servicio de protección de sus datos de alto nivel.

UTM: Administración Unificada de Amenazas, en este artículo publicado por el autor (Yamil Casas Moreno, 2010), señala que las amenazas informáticas es un tema bastante interesante y a su vez complicado para los encargados en seguridad y las redes en las diferentes organizaciones. En la actualidad cada vez más son las amenazas que colocan en riesgo la información, por lo cual han provocado que crezcan las diferentes técnicas de ataque optimizando la mayor cantidad de recursos haciendo que el control sea más efectivo; de modo que se plantea al UTM como un mecanismo de ayuda, ya que en un solo elemento se encuentran diferentes funciones como agentes de control de amenazas, facilitando así el trabajo de los jefes de seguridad y los usuarios de la red controlada. En este artículo se destaca que emplean el UTM como medida de control, el cual se considera pertinente, dado que el dispositivo a construir en este proceso de investigación también puede llegar a ser empleado como medida de control a las diferentes amenazas a las que se exponen los activos de información de una organización, alineados a satisfacer los controles de la ISO/IEC 27001 y articulados con el servicio de seguridad implementado sobre éste.

La investigación denominada **Solución Integral de Seguridad para las Pymes mediante un UTM,** presentada por el autor (Florez, 2017)**,** se enfoca en la integración de las más comunes funcionalidades requeridas en un política de seguridad informática, el cual incluya un antivirus, anti-spam, firewall, control de contenido, sistema de prevención que neutralice las diferentes tipos de ataques y amenazas que están expuestas las medianas y pequeñas organizaciones. De modo que señala que las Pymes se encuentran en la obligación de contar con una seguridad tecnológica para salvaguardar todas sus bases de datos, generando así la suficiente credibilidad y confianza en sus

clientes para poder realizar transacciones comerciales de forma segura, rápida y eficiente. Implementando un modelo de seguridad integral a través de herramientas tecnológicas que brinden una solución completa, con esto las pymes pueden garantizarles a sus usuarios, que están aplicando estándares de seguridad internacional para los negocios electrónicos. Una característica principal de seguridad en la que se deben dirigir las Pymes, es asegurar su infraestructura informática al estar conectada a la Web para evitar posibles filtraciones y daños a su información de negocio, para esto la opción más recomendable es implementar un UTM de tres niveles en donde se garantice la seguridad las terminales de trabajo, los servidores de procesamiento y almacenamiento de datos y el acceso a Internet. Para proteger la información y las redes de los sofisticados retos y amenazas de seguridad, dado a esto muchas organizaciones están siguiendo enfoques de aseguramiento en capas. Y son también muchas las que se están dando cuenta de que una manera eficaz de hacerlo es instalar dispositivos UTM que integre todas estas soluciones en uno solo. Este artículo hace un aporte al proyecto en cuanto a la solución para las pymes, que cubran sus necesidades de seguridad mediante un dispositivo de UTM con bajos costos para resolver todos sus problemas sin estar adquiriendo varios productos, si no obteniendo uno que dé solución a todas sus necesidades.

El siguiente artículo **El poder de la administración unificada contra amenazas (UTM),** publicado por autor (Quezada, 2008), plantea que los dispositivos UTM han venido evolucionado desde soluciones tradicionales de firewall/VPN hasta una solución integrada para poder contrarrestar las amenazas que también han ido avanzando con el paso del tiempo; estos dispositivos ahora cuentan con capacidades adicionales que incluyen: spam blocking, gateway antivirus, spyware prevention, intrusion prevention. Estas funcionalidades fueron previamente manejadas por múltiples dispositivos, la soluciones que brinda UTM es integrar todas estas funcionalidades de administración, monitoreo, y capacidades en un solo dispositivo para hacer más eficiente la implementación y mantenimiento del equipo. Por otra parte, menciona que los dispositivos UTM son favoritos para las pymes en cuanto a las redes de seguridad en los equipos y así también en los ambientes donde requerían interconexión de oficinas remotas. Así pues, los dispositivos UTM obtuvieron mucha aceptación en los sectores de educación, salud y los segmentos de tiendas detallistas. De este artículo se tomó como aporte, la justificación de que las pymes se ven más favorecidas con este producto de acuerdo a la eficiente implementación y los bajos costos que se le pueden ofrecer y que es un sistema bastante completo para salvaguardar toda su información de los ataques a los que están expuestas.

Unified Threat Management artículo publicado por el autor (Agham, 2016)**,** plantea que un UTM es una solución muy viable porque proporciona una gama de soluciones de seguridad dentro de una sola aplicación, una vez que todas estas opciones estén establecidas, la tarea final es mantener actualizado su funcionamiento; además, añade que la administración unificada de amenazas se ha hecho tendencia procedente en el mercado de la seguridad con el firewall. Es una solución en las industrias de seguridad de redes. Es el avance de como un dispositivo como el firewall tradicional es capaz no solo de proteger contra la intrusión, sino que también lo hace con el filtrado de contenido, el filtrado de spam, el equilibrio de carga, la detección de intrusión, la prevención de fugas de datos y las tareas antivirus que tradicionalmente manejan varios sistemas.

Este articulo explora como se desarrolló los criterios de trabajo UTM, funciones y su implementación en la red, en la cual ofrece las protecciones necesarias en una sola tecnología. Con la utilización de tecnología única, el usuario también puede liberarse de múltiples proveedores, de múltiples tecnologías; ese es el mayor beneficio según el punto de vista del usuario. Su funcionamiento se divide en múltiples capas para la protección completa del contenido dentro de una organización en el que el firewall defiende contra las intrusiones, la puerta de enlace con el antivirus se protege el correo electrónico de códigos maliciosos, la protección IPS/DPS contra el correo electrónico no deseado y anti-spam reduce los correos electrónicos no deseados VPN (Virtual Private Network) que ofrecen acceso remoto seguro. Datos que para el proyecto que se realiza son muy importante, debido a que se obtuvo la información necesaria de cómo es su implementación y funcionamiento de acuerdo a las arquitecturas presentadas en el artículo, por lo que plantean la solución de un UTM como la simplificación de un dispositivo fácil de implementar, administrar y monitorear, ayudando al usuario ahorra tiempo, ya que en un dispositivo anterior, un usuario tiene que monitorear y administrar la cantidad de dispositivos por separado.

Dentro de los principales aportes de los antecedentes antes mencionados se destaca que el UTM se convierte en Solución Integral de Seguridad para las Pymes; lo cual por medio de las diferentes investigaciones se logró identificar las diversas vulnerabilidades a las que se encuentran expuestas este tipo de organizaciones y con ello crear un mecanismo de seguridad que permita cubrir estas necesidades y que fuese a muy bajo costo, a partir de esto se llegó a la construcción del Gestor Unificado de Amenazas basado en un Raspberry Pi por su simplicidad en la placa y la capacidad en hardware suficiente para convertirse en un dispositivo de seguridad; con el propósito de generar confianza, credibilidad y protección en toda la infraestructura tecnológica de éstas organizaciones(Pymes).

4. Metodología

Este trabajo se desarrolló atendiendo a los lineamientos de la metodología investigación-acción, el cual consiste según (Lomax, 2019) en 1990 que es una intervención en la práctica profesional con la intención de ocasionar una mejora, siendo aquí el eje central el investigador que sea capaz de dar y generar una solución optima acerca del objeto investigado, para esto se propuso las siguientes fases:

Fase 1: Búsqueda de información.

- Especificar características de SBC's de bajo costo más comunes en el mercado.

Esto permitió conocer los diferentes dispositivos SBC que existen en el mercado, sus caracteristicas y costo para proceder a establecer criterios de acuerdo a las necesidades para la construcción del Gestor Unificado de Amenazas.

Fase 2: Criterios y selección

- Definir los criterios óptimos de selección para el SBC más conveniente para el proyecto.

Es aquí donde se determinó los diferentes criterios a tener en cuenta para la selección, entregándole mayor peso al costo del dispositivo, el puerto de conectividad tanto de

red ethernet como el del servicio inalámbrico, procesador, memoria, sistema operativo, RAM, CPU, entre otros, componentes necesarios para la arquitectura del UTM a construir, quedando finalmente luego de la valoración el Raspberry Pi 3 Modelo B+.

- Definir el SBC y servicios a partir de criterios que se establezcan para su selección.

En cuanto a la selección de los servicios a implementar se tuvo en cuenta las estádistica reportadas por diferentes medios especializados en seguridad informática sobre los ataques más frecuentes a los que se exponen las Pymes y con el conocimiento de los diferentes componentes que integran un UTM comercial basado en hardware se determinó los siguientes servicios: firewall, detector de intrusos, filtrado de Url, anti-spam y anti-malware como los más relevantes para implementar sobre el dispositivo Raspberry pi seleccionado.

Fase 3: Ejecución y control

- Implementar la arquitectura adecuada que permita una eficiente funcionalidad del UTM.

Luego de evaluar diferentes arquitecturas se concluye con la construcción de la que se muestra en la figura 1, a partir del siguiente diseño de red, el cual les favorecerá aquellas pequeñas y mediana organizaciones que no cuenten con este tipo de dispositivos, señalando que la red LAN será la corporativa y estará gestionada a través del UTM y éste establecerá un enlace con una red WAN.

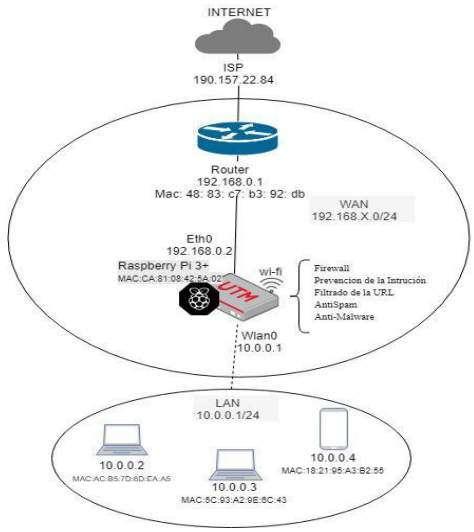


Figura 1 – Diseño de Red junto la arquitectura del Gestor Unificado de Amenazas basado en un Raspberry Pi 3 Modelo B+
Fuente: Propia

Esta arquitectura cumple con los estándares mínimos de seguridad en la red, porque permite capturar el tráfico y tener control total sobre la información entrante que va a los dispositivos conectados a la red, por lo tanto, el UTM podrá proteger de forma eficiente y también contará con un sistema de seguridad de salida que previene el filtrado de información y así mitigar la mayor cantidad de vulnerabilidades, dado que cuenta con los servicios que maneja un Gestor Unificado de Amenaza basado en Hardware, permitiendo así minimizar los riesgos y el impacto frente a cualquier amenaza.

No obstante, es importante detallar la arquitectura interna que comprende el Gestor Unificado de Amenaza que esta implementado sobre una placa de computadora (Raspberry pi 3 modelo B+)de arquitectura ARM, un procesador de cuatro núcleos a 1,4 GHz de 64 bits también cuenta con una conectividad inalámbrica de doble banda y una entrada RJ45 con soporte de Power-Over-Ethernet, a esto se le suma el sistema operativo Raspbian Stretch Lite en su versión 4.14 lanzada el 2018-11-13, que cuenta con la implementación de los siguientes servicios: un Firewall, con control y limitación de navegación por internet, sistema de prevención de intrusos, un servidor DHCP, un servidor DNS, un antivirus, soporte para administración remota por SSH y un baneador de IP.

Fase 4: Resultados

- Analizar los resultados obtenidos.

En esta fase se analizaron los resultados obtenidos a partir de pruebas de seguridad que se realizaron al dispositivo, con el propósito de evaluar su efectividad en cuanto al tiempo de respuesta en el momento de detectar alguna amenaza ya sea interna o externa del entorno de una pequena y mediana organización.

5. Experimentos y resultados

Para la realización de las pruebas con los servicios de seguridad sobre el Gestor Unificado de Amenazas basado en un Raspberry Pi 3 Modelo B+, se presenta el diseño de red propuesto anteriormente, en un entorno real ver la figura 2. En donde se enfocan las máquinas conectadas a una subred que funciona como punto de acceso y una interfaz de red ethernet que es la que esta conectada al router, a continuación se inician con las pruebas de rendimiento y efectividad del mismo:

- Pruebas ataque DDoS

Se hace un ataque en el cual se utiliza una herramienta llamada Low Orbit Ion Cannon, que es muy utilizada para realizar ataques DDoS (ataque de negación de servicio distribuido) (HDCO, 2014), en este caso el ataque será dirigido al Gestor Unificado de

Amenazas (UTM) como se observa en la figura 2, donde se indica que existe un ataque interno hacia el dispositivo de seguridad.

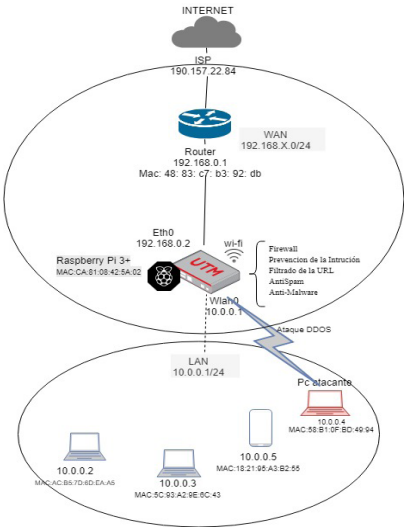


Figura 2 – Ataque interno al Gestor Unificado de Amenazas basado en un Raspberry Pi 3 Modelo B+
Fuente: Propia

Por lo anterior se definen los escenarios que se emplearon para la ejecución de la prueba, junto con los resultados obtenidos evidenciándose en la tabla 1.

Información	Software SO	Puerto Atacado	Resultados
Router (Raspberry Pi 3 B+) IP: 10.0.0.1 MAC:CA:81:08:42:5A:02	Raspbian	Puerto en escucha: 80 Servidor Apache	- Snort sin Reglas Detección 0% Éxito - Snort con Reglas Detección 100% Éxito
Pc Atacante (Lenovo G40) IP: 10.0.0.7 MAC: 58:B1:0F:BD:49:94	Windows10	Puerto Atacado mediante protocolo TCP: 80 servidor Apache 10 Threads 9001 TimeOut	- Ataque 100% de éxito sin detección del Gestor Unificado de Amenazas - Ataque 100% Éxito Con detección del Gestor Unificado de Amenazas

Tabla 1 – Escenario 1

En la siguiente figura 3, se evidencia cuando se hace el ataque dirigido al Gestor Unificado de Amenazas con la dirección del Gateway que este posee "10.0.0.1" por medio del puerto 80 (servidor de Apache) con el protocolo TCP.

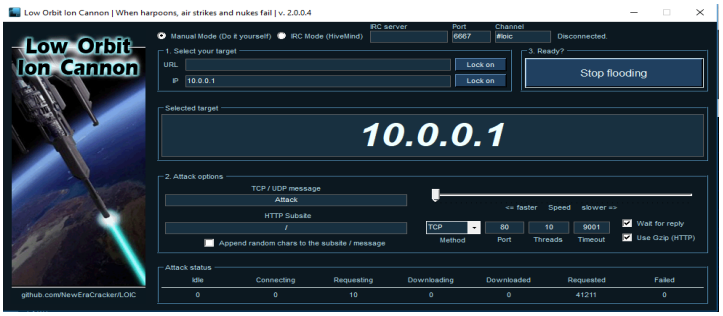


Figura 3 – Herramienta Low Orbit Ion Cannon

En el siguiente diseño de red se define el escenario 2, donde se dirigiré el ataque a otro ordenador, como se muestra ambos están sobre la misma red, en la cual el Gestor Unificado de Amenazas debe ser capaz de detectarlo al capturar todo el tráfico entrante como saliente, pero de igual forma éste se realiza sin implementación de reglas y con reglas en el Snort (Detector de Intrusos).

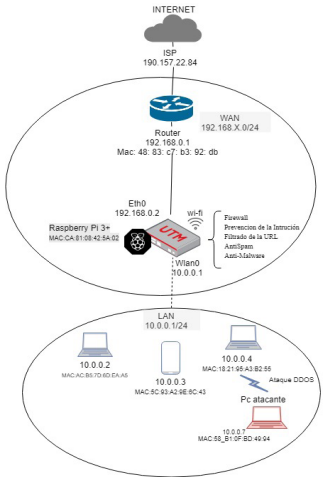


Figura 4 – Ataque interno a otro dispositivo dentro de la red interna.
Fuente: Propia

Por lo anterior se definen los escenarios que se emplearon para la ejecución de la prueba, junto con los resultados obtenidos evidenciándose en la tabla 2.

Información	Software SO	Puerto Atacado	Resultados
Dispositivo (Lenovo) IP: 10.0.0.7 MAC:18:21:95:A3:B2:55	Windows10	Puerto en escucha: 80 Servidor Apache	Snort Sin Reglas Detección 0% Éxito

Información	Software SO	Puerto Atacado	Resultados
Pc Atacante (LenovoG40) IP: 10.0.0.4 MAC: 58:B1:0F:BD:49:94	Windows10	Puerto Atacado mediante protocolo TCP: 80 servidor Apache 10 Threads 9001 TimeOut	Ataque 100% de éxito sin detección del UTM

Tabla 2 – Escenario 2

En la Figura 5, se muestra como se hace el ataque desde la herramienta Low Orbit Ion Cannon, en este caso va dirigido a un ordenador dentro de la red interna con la dirección "10.0.0.7" por medio del puerto 80 (servidor de Apache) con el protocolo TCP.

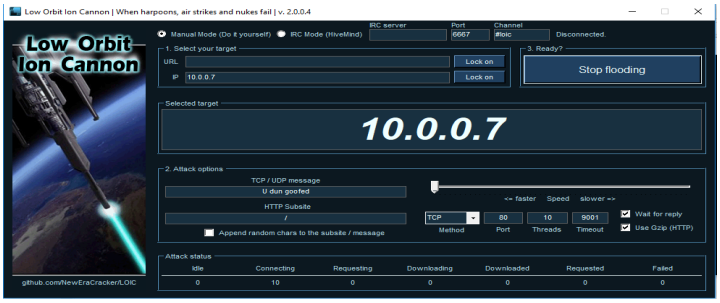


Figura 5 – Herramienta de ataque a la máquina interna.
Fuente: Propia

Nuevamente al no tener la regla implementada se observa en la figura 6, que el detector de intrusos (Snort) no es capaz de alertar este ataque desde el Gestor Unificado de Amenazas, por lo que significa que el sistema es vulnerable, a continuación, se implantarán las reglas siguiendo las guías que presenta el Snort para configurarlas.

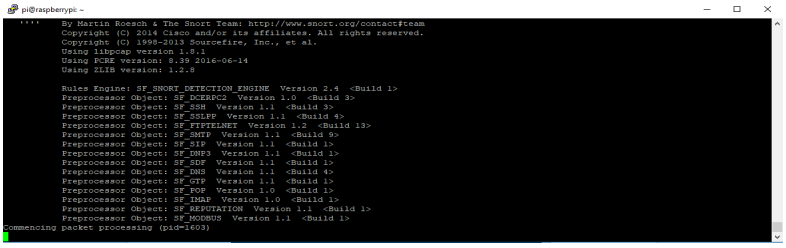


Figura 6 – Ataque no detectado desde la red interna.
Fuente: Propia

Después de haber implementado las reglas para la detección de ataque DDoS como se evidencian en la figura 7, se procede hacer el ataque nuevamente.

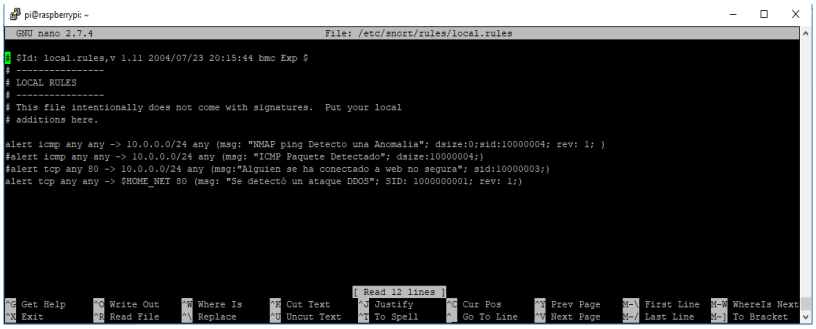


Figura 7 – Implementación de regla de Snort sobre el Gestor Unificado de Amenazas.
Fuente: Propia

Se observa que la regla implementada obtuvo el resultado esperado de alertar al Gestor del ataque, que se hizo en este caso mediante el protocolo TCP por el puerto 80 con la IP origen y la IP de destino, como se muestra en la figura 8.

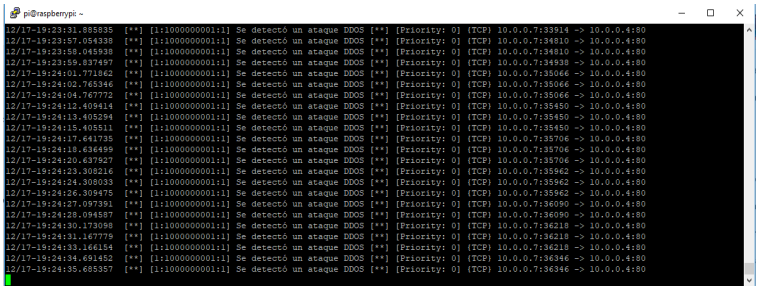


Figura 8 – Ataque destectado por el detector de intrusos (Snort) del Gestor Unificado de Amenazas.
Fuente: Propia

Por lo anterior se definen los escenarios que se emplearon para la ejecución de la prueba, junto con los resultados obtenidos evidenciándose en la tabla 3.

Información	Software SO	Puerto Atacado	Resultados
Dispositivo (Lenovo) IP: 10.0.0.7 MAC:18:21:95:A3:B2:55	Windows10	Puerto en escucha: 80 Servidor Apache	Snort con Reglas Detección 100% Éxito
Pc Atacante (LenovoG40) IP: 10.0.0.4 MAC: 58:B1:0F:BD:49:94	Windows10	Puerto Atacado mediante protocolo TCP: 80 servidor Apache 10 Threads 9001 TimeOut	Ataque detectado por el Snort del UTM

Tabla 3 – Escenario 2 con implementación de reglas al detector de intrusos

6. Conclusiones

Con la implementación de un Gestor Unificado de Amenazas se logra dar solución a uno de los problemas en los que se ven expuestas las medianas y pequeñas organizaciones, por la falta de algún tipo de control para proteger la información, debido a que no manejan adecuadamente éstas y por el escaso recurso económico que le disponen para proteger sus activos de información, lo que podría causar consecuencias graves para la organización y por ende afectar de manera negativa su imagen, por esta razón es de suma importancia que las Pymes cuenten con mecanismos que puedan llegar a garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de su información como la que se propone.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Universidad del Cauca en especial a su grupo de investigación GTI y al grupo de investigación I+D en Informática como también al integrante del semillero Beta Bit de la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca Michelle Romero co-autor, por su participación en el desarrollo del proyecto.

Referencias

Dinero, R. (10 de 06 de 2019). *Dinero*. Obtenido de Los ataques cibernéticos se incrementaron este año Empresas y gobiernos siguen en alerta por los criminales que abundan en la red.: https://www.dinero.com/internacional/articulo/incremento-de-ataques-ciberneticos-en-el-2018/264180

Cisco 2016, *informe anual año 2018 ciberseguridad* https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/pdf/reporte-anual-cisco-2018-espan.pdf

Kaspersky. (15 de 6 de 2006). *latam.kaspersky.com*. Recuperado el 2 de 01 de 2018, de https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/utm

Francisco Javier Díaz Obando, C. E. (2017). *Implantación un UTM basado en software libre para gestión de seguridad lógica y perímetral en la Alcaldía de Restrepo Valle*. Palmira - Valle: Proyecto de grado Especialización en seguridad informática - Universidad Abierta y a Distancia.

Lujan, U. n. (2012). *Amenazas a la Seguridad de la Información*. Obtenido de http://www.seguridadinformatica.unlu.edu.ar/?q=node/12

Suzanne J. Matthews, R. W. (2016). Evaluating Single Board Computer Clusters . *Cyber Operations*, 8.

NetworkWorld. (1 de 10 de 2007). Obtenido de http://www.networkworld.es/seguridad/utm

Yamil Casas Moreno. (6 de junio de 2010). UTM administracion unificada de amenazas. *UManizales*.

Florez Wilmar, C. A. (2017). Solución integral de seguridad para las pymes mediante un utm. *USB*.

Quezada, V. (1 de octubre de 2008). *Revista Gadgets*. Obtenido de http://www.revistagadgets.com/www/2008/10/01/el-poder-de-la-administracin-unificada-contra-amenazas-utm/

Agham, V. (2016). Unified Threat Management. International Research Journal of Engineering and Technology, 5.

Lomax, P. (2 de 2 de 2019). *Lifeder.com*. Obtenido de Investigación-Acción: Origen, Características y Modelos por Santiago Contreras: https://www.lifeder.com/investigacion-accion/

HDCO. (9 de 8 de 2014). *Tipos De Ataques Más Comunes A Sitios Web Y Servidores*. Obtenido de ttp://blog.hostdime.com.co/tipos-de-ataques-mas-comunes-a-sitios-web-y-servidores/

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/09/2020
Aceitação/Acceptance: 04/11/2020

Determinación de técnica de inteligencia para la detección de un tipo de ataque en un IDS

Nelson Darío Pantoja[1], Siler Amador Donado[2], Katerine Márceles Villalba[3], Ember Ubeimar Martínez Flor[4]

dariopantoja@unimayor.edu.co[1]; samador@unicauca.edu.co[2]; kmarceles@unimayor.edu.co[3]; eumartinez@unicauca.edu.co[4]

[1, 3] Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[2] ,[4]Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Carrera 2 #4N-140, 190003, Popayán- Cauca, Colombia

Pages: 317-329

Resumen: El presente artículo trata la problemática de identificación de tipos de ataque en una infraestructura de red por medio de un IDS(Detector de intrusos). Para esto se establecen las alternativas posibles para su selección y una propuesta de acuerdo a las necesidades y objetivos que se posean para la misma empleando una técnica de inteligencia artificial. Lo anterior, a través de una revisión bibliográfica donde se exponen soluciones prácticas para identificar los diferentes tipos de ataques informáticos, hasta determinar cual es la más adecuada según estudios previos o análisis de su implementación y desarrollo.

Palabras-clave: Detector de intrusos, Inteligencia artificial, Redes, Seguridad.

Selection of intelligence technique for the detection of an attack type in an IDS.

Abstract: This article deals with the problem of identifying attack types in a network infrastructure through an IDS (Intruder Detector). For this, the possible alternatives for their selection and a proposal according to the needs and objectives that are possessed for it are established using an artificial intelligence technique. The above, through a bibliographic review where practical solutions are exposed to identify the different types of computer attacks, until determining which is the most appropriate according to previous studies or analysis of its implementation and development.

Keywords: Intruder Detector, Artificial Intelligence, Networks, Security.

1. Introducción

Las técnicas de inteligencia artificial son aplicables a numerosos ambientes, desde la medicina hasta la mecánica, por lo que es importante destacar el empleo de ésta en cualquier entorno establecido, dado que brinda un mayor número de soluciones posibles a diferentes problemáticas; dentro de ellas, la tratada en el presente documento.

Este trabajo de investigación parte de una necesidad de obtener mayor información en cuanto a ataques informáticos se trata, ya sean ataques de *denegación de servicios* o también ataques *cross site scripting*, entre otros más. Para ello, se presenta un sistema detector de intrusos que ayuda en labores de infraestructura de red; no obstante, el IDS solo otorga información mediante alertas que ya han sido previamente configuradas para funcionar en el ambiente de red.

De lo anterior, se parte al principal problema el cual es la clasificación de estos tipos de ataques y el cómo lograrlos, puesto que un IDS solo permite detectar los intrusos mediante reglas configuradas para ello; además, ya que el IDS no tiene manera de otorgar estadísticas mediante ataques determinados, se postula la idea de inteligencia artificial para el tratamiento de la problemática, pues como se conoce, la inteligencia artificial brinda una ayuda en simulación de procesos humanos, en este caso la clasificación de los ataques entrantes a la infraestructura de red establecida.

El realizar una clasificación de los tipos de ataques entrantes en una infraestructura de red de cualquier entidad puede resultar ventajoso si se aprovecha la información recolectada, puesto que al obtener estadísticas de los diferentes ataques presentados en cualquier entidad se pueden realizar o lanzar mecanismos específicos para su protección, desde el perfeccionamiento de la estructura de las reglas de un IDS hasta la implementación de nuevos recursos que protejan la infraestructura dispuesta. La clasificación de estos ataques nos podrá otorgar aspectos métricos como la cantidad de ataques de un mismo tipo o la forma de ataque de los mismos, entre otras estadísticas, una vez se obtienen estos datos se procede a atacar con mayor prioridad el indicador del tipo de ataque con mayor número de indicios detectados.

La inteligencia artificial tiene un papel importante en el presente proyecto, esta puede llegar ayudar a la clasificación en aspectos de validación y tiempo, es decir, no es lo mismo que un ser humano valide los diferentes tipos de datos en un flujo de paquetes de red constante que un sistema emplee IA(Inteligencia Artíficial), para realizar las mismas labores que podría realizar un ser humano, en cuestión de tiempo y validación, los sistemas inteligentes resultan ser la mejor opción para este escenario. Se resalta que el flujo de paquetes de red que circula en una infraestructura de red es considerablemente alto, labores de clasificación de tipos de ataques informáticos que un ser humano no podría realizar, pero que un sistema inteligente podría perfectamente funcionar con el lujo de paquetes constante que existe en una red determinada.

2. Aspectos conceptuales preliminares

A continuación se mencionan algunos aspectos claves para entender los conceptos relacionados con la inteligencia artificial e implementación de un IDS.

2.1. Conceptualización de Inteligencia artificial

Para la conceptualización de inteligencia artificial se puede tomar varias definiciones existentes, una de las más usadas es por parte de Stuart Russell. Stuart divide la inteligencia artificial en cuatro bloques (Russell et al., 2013):

- *Sistemas que piensan como humanos*: Simboliza el concepto de la automatización de actividades que se involucre el pensamiento humano, ya sea toma de decisiones o resolución de problemas, entre otros.
- *Sistemas que actúan como humanos*: Simboliza las acciones que poseen las máquinas para realizar labores de humanos que requieran de inteligencia.
- *Sistemas que piensan racionalmente*: Simboliza el uso de modelos computacionales para estudiar conceptos de facultades mentales como medir, razonar o actuar.
- *Sistemas que actúan racionalmente*: Simboliza que la inteligencia artificial se relaciona con conductas de inteligencia en las máquinas.

Russell lleva el concepto ideal de inteligencia cuando se relaciona con la racionalidad, puesto que la racionalidad en los seres humanos es un elemento diferenciador frente a las numerosas especies del planeta que nos determina como seres inteligentes. En pocas palabras, la inteligencia artificial simula las actividades y pensamiento que un ser humano logra realizar por medio de máquinas o artefactos, tomando como punto clave la racionalidad de los seres humanos en definir lo que es correcto de lo que no.

2.2. Clasificación de las técnicas de inteligencia, (Tres postulaciones)

Se debe entender el concepto de inteligencia artificial de manera muy amplia, anteriormente se mencionaba que involucraba la racionalidad que poseen los seres humanos; es decir, la determinación de lo bueno y lo malo conforme a información adquirida. También se debe entender que es la simulación de una inteligencia propia de los seres humanos, donde se ve reflejado el actuar y el pensar.

Conforme lo propuesto, es posible establecer que estos conceptos son ampliamente variados. A continuación se presenta como clasificar estas diferentes inteligencias que pertenecen a un mismo concepto:

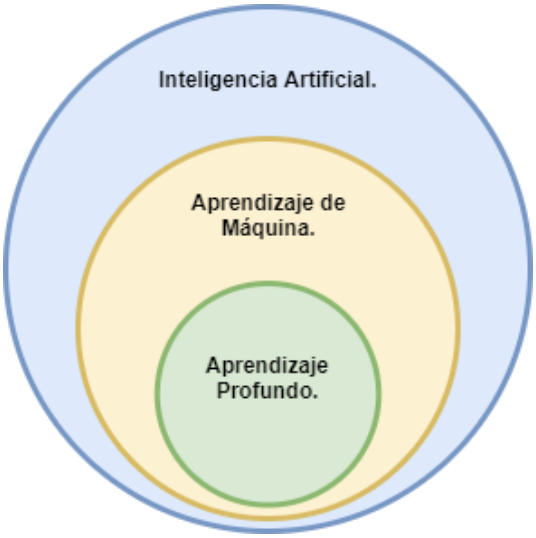


Figura 1 – Clasificación de la técnicas de inteligencia. Fuente: Propia del autor

Como se observa, la inteligencia comprende tanto como el *aprendizaje de máquina* como el *aprendizaje profundo*, esto es así, debido a los conceptos que se involucran, por un lado se tiene la inteligencia artificial con definiciones de Russell en cuatro posibles instancias, mientras que para el aprendizaje de máquina se tiene que es un subconjunto que involucra el aprendizaje autónomo por parte de las máquinas (Andalucía es Digital, 2018). También se involucra otro concepto, aprendizaje profundo, este concepto va más allá del aprendizaje tratado por los anteriores significados, se incorpora la concepción de crear, habilidad natural del ser humano, puesto que las máquinas son construidas por seres humanos, el otorgar una habilidad creativa a estos sistemas asemeja en gran medida los comportamientos y acciones que tiene un humano, dicho de otra forma el aprendizaje profundo visualiza que las máquinas obtengan la capacidad creativa que tienen los humanos (Spot, 2018).

2.3. Ataques informáticos

Los ataques informáticos se entienden como vulnerabilidades, debilidades o fallas que son aprovechadas para obtener algún beneficio de las mismas, según menciona *Mieres* (Mieres, 2009). Se puede entender también que un ataque informático está relacionado con cualquier sistema y/o dispositivo final.

Se visualiza un ataque informático con intentos para generar algún tipo de daño en un sistema, como lo menciona *EcuaRed* (EcuaRed, 2012). Normalmente, no solo se consigue generar daño, en muchas ocasiones los atacantes informáticos buscan sustraer beneficios considerables, en su mayoría económicos, un claro ejemplo es el *ransomware*, cuyo objetivo era infectar los dispositivos finales para que las víctimas no lograran acceder a su información almacenada, pidiendo una remuneración económica para regresar el equipo a su estado normal. Lo anteriormente mencionado se logra mediante la identificación de fallas o vulnerabilidades para efectuar el objetivo del atacante.

2.4. Definición IDS vs IPS

En cuanto a la definición de qué es un IDS frente un IPS, según un artículo publicado en 2012, titulado, "*a brief Introducition to Intrusion Detection System*" (A. B. Mohamed, Idris, & Shanmugum, 2012), un IDS está definido como un sistema de seguridad que actúa para la protección de la infraestructura, a su vez permite la gestión de acceso tanto internamente como externamente, permitiendo así la negación de peticiones o conexiones no autorizadas dentro del margen establecido en la implementación de un IDS.

Existen definiciones similares en cuanto a IDS se menciona, la mayoría dando referencia a la virtud del acceso no autorizado a la infraestructura por parte de agentes externos, además de esto, existen definiciones como en el artículo "*Intrusion detection model using machine learning algorithm on Big Data environment*" (Mohammed Othman, Ba−Alwi, Alsohybe, & Al−Hashida, 2018) que hacen referencia a la capacidad que poseen los IDS para monitorizar y analizar el flujo de datos de la infraestructura de red en la que se encuentre, es decir pueden verificar el tráfico de red conforme los ajustes o previas configuraciones que estos posean.

Por definición, los IPS (Sistema de prevención de intrusos) son aquellos que pueden analizar y detectar la actividad maliciosa dentro de la infraestructura de red donde

este se encuentre, pero además de realizar estas tareas también es capaz de lanzar una contramedida según corresponda a la alerta detectada (Holtsnider & Jaffe, 2012). También se aprecia que los IPS forman parte esencial dentro de una entidad, estos brindan un aporte fundamental para estrategias de seguridad dentro de la misma, según se menciona en el capítulo "Recognition Strategies: Intrusion Detection and Prevention" del libro "Introduction to Information Security" (Shimeall & Spring, 2014).

Según las definiciones anteriores, es claro identificar que su diferencia radica en el evento posterior cuando se detecta una alerta o evento de carácter malicioso para la infraestructura de red, es decir, un IDS se enfocará en el monitoreo y lanzamiento de alertas, mientras que un IPS podrá ser configurado para una reacción a estas alertas o eventos.

Para reconocer claramente y de manera precisa la diferencia entre un IDS y un IPS, es fácil establecer que el IPS genera acciones de respuesta conforme el análisis y el monitoreo de la infraestructura de red, según se menciona en el artículo "*Difference between Intrusion Detection System (IDS) and Intrusion Prevention System (IPS)*" (Ashoor & Gore, 2011).

2.5. Tipos de IDS.

Existen diferentes tipos de IDS, segun "The InfoSec Handbook" (Rao & Nayak, 2014), en uno de los capítulos del libro se mencionan dos tipos de IDS, los cuales son los siguientes:

- **Tipo Host:** Estos HIDS (Host Intrusion Detection System) están enfocados en la protección de los dispositivos finales y/o los recursos de red, su funcionamiento es de manera local.
- **Tipo Network:** Estos NIDS (Network Intrusion Detection System) están enfocados en el monitoreo del tráfico de red para la detección de ataques o comportamiento malintencionado. Su ubicación dentro de la infraestructura de red puede variar según las necesidades y objetivos que se deseen cumplir.

También es posible encontrar un tercer tipo de IDS, el cual es empleado para ambientes de *Cloud Computing* o también en ambientes de almacenes de datos, estos se les conoce como *Tipo Distribuido*, pero su funcionamiento es similar a los *Tipo Network* (I. Mohamed, Karim, & Mustapha, 2018).

Otras definiciones para los DIDS se pueden conocer en artículos como "Cooperating Security Managers: distributed intrusión detection systems" (White & Pooch, 1996), el cual menciona que son sistemas capaces de obtener información del tráfico de red de diferentes fuentes para generar un campo de alerta mucho más amplio y detallado de las actividades o eventos de carácter malicioso. Normalmente empleados para el gran manejo de datos.

3. Trabajos Relacionados

Actualmente los estudios referentes a la inclusión de inteligencia a IDS son muy pocas; sin embargo, a continuación se destacan ciertos estudios que se han realizado, lo cual han permitido tenerlos como referentes para determinar los indicadores relevantes para poder seleccionar la técnica adecuada.

Hay estudios sobre IDS que apuntan a un entorno de protección, como por ejemplo: un ataque de denegación de servicios o defensa de un escaneo de puertos, tal es el caso del articulo llamado "Implementing an Intrusion Detection and Prevention System Using Software-Defined Networking: Defending Against Port-Scanning and Denial-of-Service Attacks" (Birkinshaw, Rouka, & Vassilakis, 2019). Articulos como este dan una perspectiva de lo que se puede lograr con una configuración adecuada del IDS para proteger la red en la cual sea implementado.

También es posible encontrar otros trabajos de IDS enfocados a la protección de información en bases de datos, como lo es "Intrusion Detection in Database Systems" (Rafsanjani, Sohrabi, & Javidi, 2010). Este artículo establece la necesidad de proteger la información de una entidad mediante el uso de IDS, esto con el fin de asegurar la integridad de los datos. La gran mayoría de la información es alojada en motores de base de datos y lo que se busca es proteger de intrusiones o accesos no autorizados al sistema, se utilizan configuraciones de IDS mediante políticas o reglas para verificar quien posee los privilegios para el manejo de la información almacenada.

En cuanto a inteligencia artificial relacionada con IDS existen muchos trabajos relacionados acerca de la clasificación, pero no del porque usar determinada inteligencia, tal es el caso de *"A Deep Learning Approach for Intrusion Detection Using Recurrent Neural Networks"* (Yin, Zhu, Fei, & He, 2017), aquí se menciona como se construyen modelos para un sistema detector de intrusos, además, se realizan comparaciones de diferentes algoritmos, como redes neuronales, arboles de decisión y otros métodos de aprendizaje de máquina. Es importante identificar la documentación pertinente para aprovechar los estudios que han realizado diferentes autores.

Un estudio relacionado a la clasificación mediante la integración de inteligencia artificial es *"Integrating artificial intelligence into Snort IDS"*, donde se trabaja con el IDS snort, en el cual se realiza las configuraciones necesarias para generar una red de aprendizaje que reduzca el número de falsos positivos y a su vez ayude a la detección de nuevos ataques en una flujo de paquetes de datos de red.

4. Escenario

El escenario de trabajado consiste en determinar el objetivo que se quiere alcanzar por medio de la inteligencia artificial. Para este caso en particular se postula un ambiente de infraestructura de red común, como la siguiente:

El anterior diagrama de red no es más que un ejemplo que representa el ambiente de desarrollo donde está ubicado el IDS para detectar anomalías en la red. Se visualiza un ejemplo de DMZ, donde pueden estar alojados los servicios que la entidad u organización considere, es decir, puede variar conforme se requiera. También se tiene una simulación de red interna, al igual que la DMZ, esta puede variar conforme se establezca en la empresa o entidad.

Comúnmente el IDS es operado por el profesional de seguridad, este se encarga de establecer las reglas necesarias para su funcionamiento. En el caso de clasificación de ataques, un humano debería revisar todo el tráfico de red para determinar los ataques existentes en la misma, para solucionar el inconveniente de recurso humano, se implementan técnicas de inteligencia.

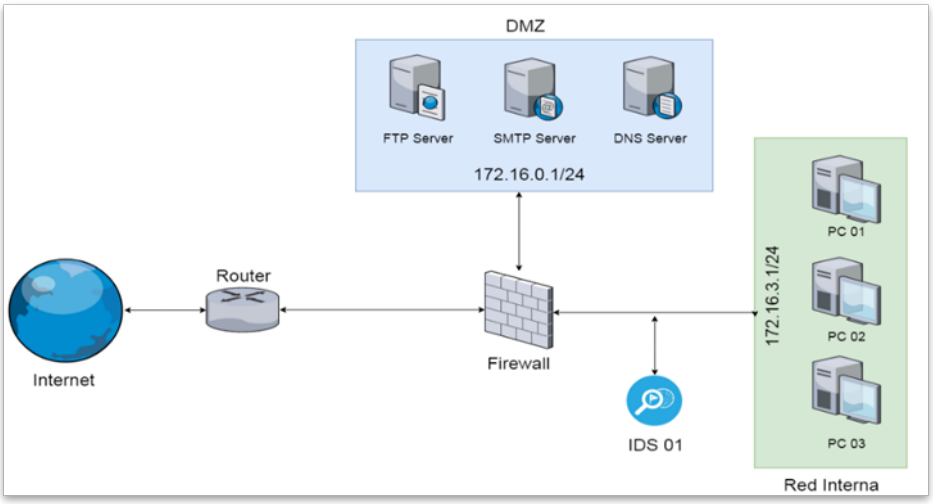


Figura 2 – Escenario de red propuesto
Fuente: Propia del autor

Para el escenario propuesto en este documento, el objetivo de utilizar la inteligencia artificial junto a un sistema detector de intrusos es la clasificación de los ataques informáticos que pueda sufrir una red. Para lograrlo, se debe indagar en que clasificación de las técnicas de inteligencia se encuentra el objetivo a alcanzar y cual o cuales son los algoritmos dentro de dicha categoría que permitan lograr dar respuesta al objetivo planteado.

Una vez que se obtiene la información necesaria de lo que se necesita se procede a evaluar según la revisión bibliográfica realizada el algoritmo indicado para cumplir con la clasificación de los diferentes tipos de ataques que se puedan presentar.

5. Determinación de la técnica de inteligencia

A continuación se exponen diferentes técnicas de inteligencia que se aplican al objetivo de determinar los diferentes ataques que se presentan en una infraestructura de red:

-*Agrupamiento:* Este tipo de técnica se puede realizar de dos formas, la primera es estableciendo un centroide o punto común dentro de las diferentes entradas, para este caso los ataques informáticos, una vez se establece es punto dentro de las múltiples entradas, todo aquel ataque que este cercano al punto establecido formara un conjunto, que no es más que determinar qué tipo de ataque informático es el encontrado (Benitez, Escudero, & Kanaan, 2014).

Como se observa en la figura, se establece un punto para determinar los conjuntos de las entradas al sistema.

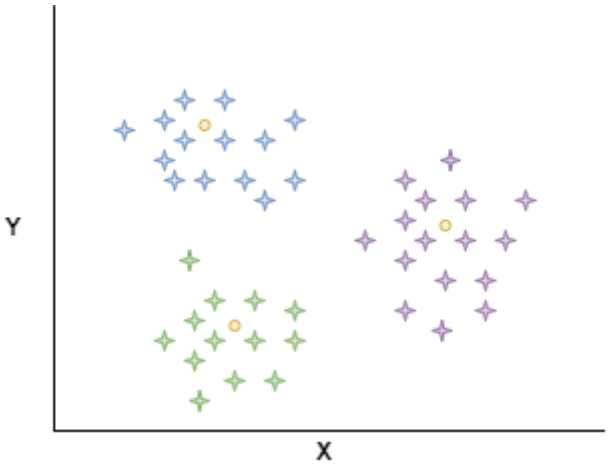


Figura 3 – Técnica de agrupamiento
Fuente: Propia del autor

También es posible realizar el agrupamiento seleccionando características comunes y extrayendo los grupos a partir de las mismas, es decir, verificar los factores comunes de las entradas y a partir de las características encontradas conformar los grupos. La siguiente es una forma ilustrada de verlo:

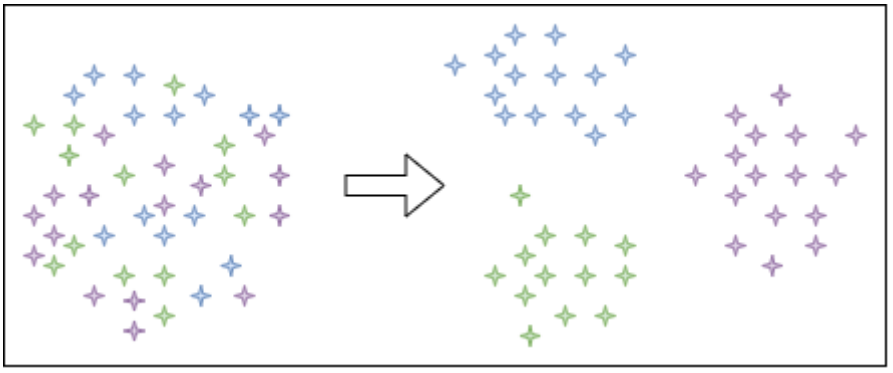


Figura 4 – Conformación de grupos
Fuente: Propia del autor

Los ataques informáticos entran al sistema pero se determinan características comunes entre ellos para poder identificar los grupos y establecer los tipos de ataques.

-Árbol de decisión: La técnica de árboles de decisión consiste en la formulación de preguntas de acuerdo a la información de las entradas (Quintero & Amézquita, 2008), en este caso los ataques informáticos en la red.

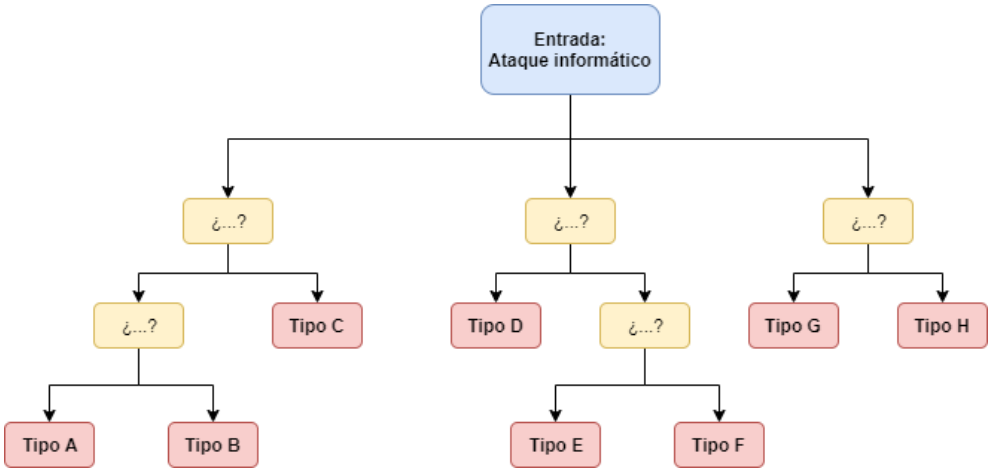


Figura 5 – Entrada de un ataque informático bajo un árbol de desición
Fuente: Propia del autor

Como se observa en cada nodo se realizan acciones de acuerdo a las preguntas formuladas, una vez que se el ataque informático ingresa en el nodo conforme la pregunta realizada, este ataque hace el recorrido hasta llegar a la última hoja del árbol, donde será catalogado como uno de los diferentes tipos de ataques.

-*Clasificación:*

La clasificación en inteligencia artificial consiste en definir previamente los grupos que se desea obtener, una vez definidos, cualquier entrada solo puede estar predispuesta a entrar en alguno de los grupos establecidos, sin margen para nuevos grupos.

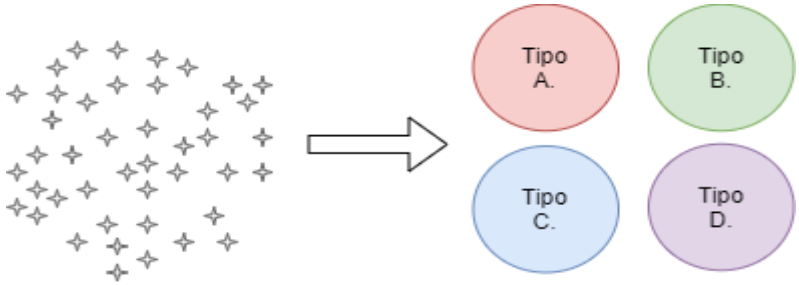


Figura 6 – Clasificación en un árbol de desición
Fuente: Propia del autor

La diferencia principal con el agrupamiento es que en esta técnica se definen los grupos posibles, mientras que en agrupamiento no se conoce el número de grupos posibles que resulten de evaluar los ataques informáticos.

-Redes neuronales:

En esta técnica se someten las entradas a través de una red neuronal, dentro de estas se realizan operaciones para generar valores de salida (Marín Diazaraque, 2007).

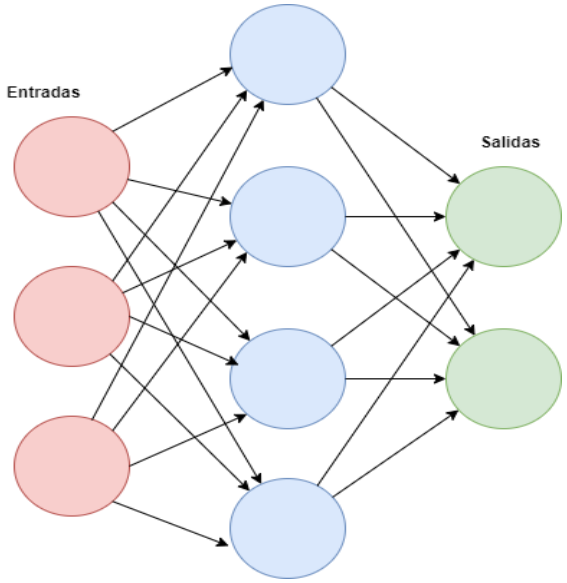


Figura 7 – Esquema funcional de redes neuronales
Fuente: Propia del autor

Las redes neuronales pueden ser aplicadas a la determinación de tipos de ataques informáticos como se visualiza en la anterior figura, los ataques informáticos son representados por los nodos de entrada los cuales tienen enlaces hacia los demás nodos, dependiendo la acción tomada este ataque puede ser catalogado en determinado tipo, por esta razón existen nodos de salida que representan el tipo de ataque que se determina en el recorrido de la red neuronal.

Para seleccionar la técnica adecuada basta con conocer claramente el objetivo, ya que el objetivo es la clasificación de los distintos ataques en una red, por lo que se debe entender que existen organizaciones donde se encargan de categorizar estos ataques, postulan normas y listados de los ataques existentes por categorías, el más conocido Top de ataques informáticos es el OWASP TOP 10, este top es establecido para vulnerabilidades de aplicaciones web, pero extrayendo el concepto de categorización de los diferentes ataques es posible identificar la técnica correspondiente para lograr el objetivo.

Para la determinación se utiliza el escenario propuesto anteriormente y junto a la revisión bibliográfica se establece que actualmente existen categorías de los diferentes ataques, es decir, se han establecido los grupos. Al establecer los grupos se están previamente formando los conjuntos donde las posibles entradas van a resultar recogidas. Conforme

las definiciones obtenidas se pueden escoger cualquiera de las diferentes técnicas, pero para establecer una categorización de las entradas se determina la técnica de *clasificación*; ésta, por definición se ajusta a las características del objetivo de identificar los diferentes tipos de ataques informáticos en una red. La *clasificación* no solo se ajusta por definición, sino que a comparación de los otros métodos, ésta cuenta con los tipos de ataque donde la entrada puede llegar, mientras que en técnicas como agrupamiento no es posible establecer la cantidad de grupos resultantes; por consiguiente, puede que una entrada que pertenezca a un grupo *tipo A* resulte a su vez en un *tipo B*, ésto se debe a que dentro de los ataques informáticos pueden existir características similares que confunda el sistema y resulte en una categoría diferente. Al definir previamente las categorías, las entradas solo pueden verse reflejadas en una categoría propuesta.

6. Conclusiones

La principal conclusión acerca del trabajo realizado de documentación sobre inteligencia artificial es el hecho de los múltiples aportes que se realiza en esta era tecnológica de la IA; es decir, la IA puede ser aplicable desde modelos de predicciones hasta sistemas de reconocimiento de voz. La variedad de implementación es numerosa. Frente a la implementación para identificar los diferentes tipos de ataques informáticos es una gran ventaja, puesto que de ser realizada la categorización de manera manual por un ser humano, esta tarea puede resultar notoriamente elevada en tiempo considerando el flujo constante de paquetes de datos de red, por lo cual el establecimiento del objetivo a alcanzar es esencial para la determinación de una técnica, puesto que la inteligencia artificial es un campo bastante amplio con muchas soluciones frente a las problemáticas que se propongan, en pocas palabras, el conocer claramente lo que se desea es una prioridad para no divagar en los conceptos de IA.

Finalmente, para llegar a determinar la técnica de inteligencia, tocó realizar una caracterización de los ataques más comunes que se presentan en tráfico de red, donde se normalizó un dataset que permitió unificar las variables de entrada dentro de la librería sckiti learn de machine learning para su posterior uso.

El dataset contó con 1.048.571 entradas de paquetes de red, cuyo contenido se usó para entrenar el modelo de predicción de ataques.

Dentro de este dataset se encuentran entradas catalogadas como “P.Death” que significa que es una entrada que contiene un ataque de ping de la muerte(Ataque seleccionado para identificar).

A su vez existen entradas catalogadas como “N- P.Death” que significa que no es una entrada maliciosa. Es importante anotar que el formato del dataset debe ser “.csv” para poder entrenar el modelo de predicción. Una vez se tiene organizado las variables y las respectivas entradas se procedió a realizar predicciones de prueba, estas mismas pueden ser usadas para añadirse al dataset e incrementar el porcentaje de predicción. Las variables de entrada que se toman para realizar la predicción dentro de un ataque de ping de la muerte son el “protocolo” y la “longitud” del paquete de red, esto traduce en el modelo predictivo las variables “Protocol” y “Length”. Ahora con una nueva entrada no identificada se establece la predicción dentro del dataset normalizado.

Para la normalización se encuentra la variable “Protocol” cuyo contenido es texto y se transformó a numérico. Para realizar las pruebas de entrenamiento y de predicción se extrajo y se configuró un nuevo dataset con 1002 entradas basado en el dataset original. De éste dataset se cambio el valor del protocolo ICMP=9 por ICMP=6 para que al ejecutar los algoritmos de predicción se obtenga un mayor porcentaje de acierto. Se realizó una evaluación de una entrada de tipo TCP con una longitud de 5000 cuyo resultado debe ser “N-P.Death”, debido a que no es protocolo ICMP, es de tener en cuenta que TCP corresponde numéricamente a “5” y el protocolo ICMP corresponde numéricamente al valor 6 de acuerdo a la normalización que se realizó. Lo anterior llevó a concluir, al evaluar con el algoritmo KNeigbors y algoritmo RandomForest, que para el entrenamiento y de acuerdo a las fuentes bibliográficas le dan atribución al algoritmo RandomForest de ser más efectivo en aspectos clasificatorios, en cuanto al tiempo de ejecución empleado y la precisión de identificación, dado que fue más eficiente.

Agradecimientos

Agradecimientos a la Universidad del Cauca en especial a su grupo de investigación GTI y al grupo de investigación GICO, así mismo también al grupo de investigación I+D en Informática de la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto.

Referencias

Andalucía es Digital. (2018). DEEP LEARNING, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MACHINE LEARNING ¿CUÁLES SON LAS DIFERENCIAS? Retrieved from https://www.blog.andaluciaesdigital.es/deep-learning-inteligencia-artificial-y-machine-learning/

Ashoor, A. S., & Gore, S. (2011). Difference between Intrusion Detection System (IDS) and Intrusion Prevention System (IPS). *Springer*, 495–501.

Benitez, R., Escudero, G., & Kanaan, S. (2014). *Inteligencia artificial avanzada*. Editorial UDC.

Birkinshaw, C., Rouka, E., & Vassilakis, V. G. (2019). Implementing an intrusion detection and prevention system using software-defined networking: Defending against port-scanning and denial-of-service attacks. *Journal of Network and Computer Applications*. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.03.005

EcuaRed. (2012). Ataque informático - EcuRed.

Holtsnider, W., & Jaffe, B. D. (2012). Security and Compliance. In *IT Manager’s Handbook* (pp. 205–246).

Marín Diazaraque, J. M. (2007). Introducción a las redes neuronales aplicadas. *Manual Data Mining*.

Mieres, J. (2009). Ataques informáticos. *Evil-Fingers*.

Mohamed, A. B., Idris, N. B., & Shanmugum, B. (2012). A Brief Introduction to Intrusion Detection System. *Springer*, 273–271.

Mohamed, I., Karim, A., & Mustapha, B. (2018). Distributed Intrusion Detection System for Cloud Environments based on Data Mining techniques. *ElSEVIER*, 35–41.

Mohammed Othman, S., Ba-Alwi, F. M., Alsohybe, N., & Al-Hashida, A. Y. (2018). Intrusion detection model using machine learning algorithm on Big Data environment. *Jorunal of Big Data*, 1–12.

Quintero, M., & Amézquita, E. (2008). Árboles de Decisión. *Internet*.

Rafsanjani, M. K., Sohrabi, M., & Javidi, M. M. (2010). Intrusion Detection in Database Systems. *Springer*, 93–101.

Rao, U. H., & Nayak, U. (2014). Intrusion Detection and Prevention Systems. In *The infosec handbook a introduction to information security* (pp. 225–228).

Russell, S., Norvig, P., Mohammed, A. A., Bin Rashid, B., Moraleda, L. F., Domecq, C. F., … Grado, T. F. I. N. D. E. (2013). Inteligencia artificial Un enfoque Moderno. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*. https://doi.org/M-26913-2004

Shimeall, T., & Spring, J. (2014). Recognition Strategies: Intrusion Detection and Prevention. In *Introduction to Information Security* (pp. 253–274).

Spot. (2018). La diferencia entre Inteligencia Artificial, Machine Learning y Deep Learning. Retrieved from https://medium.com/@spot_blog/la-diferencia-entre-inteligencia-artificial-machine-learning-y-deep-learning-cc415f20e63a

White, G., & Pooch, V. (1996). Cooperating security managers: Distributed intrusion detection systems. *Computers and Security*. https://doi.org/10.1016/0167-4048(96)00012-0

Yin, C., Zhu, Y., Fei, J., & He, X. (2017). A Deep Learning Approach for Intrusion Detection Using Recurrent Neural Networks. *IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2762418

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/10/2020
Aceitação/Acceptance: 21/12/2020

Blockchain para la seguridad de la Internet de las Cosas: un estudio terciario

Johnny Barrantes Jiménez[1], Alexandra Martínez[1], Christian Quesada-López[1], Marcelo Jenkins[1]

{johnny.barrantes; alexandra.martinez; cristian.quesadalopez; marcelo.jenkins} @ucr.ac.cr

[1] Universidad de Costa Rica, San José, 2060, Costa Rica.

Pages: 330-343

Resumen: La Internet de las cosas (IoT) y Blockchain son dos tecnologías que han tenido un crecimiento acelerado en los últimos años. Su integración permite aprovechar las cualidades de seguridad de Blockchain en el contexto de los datos producidos por la IoT. El objetivo de este estudio terciario es sintetizar el conocimiento existente sobre Blockchain aplicado a la seguridad de la IoT. Para ello se realizó un mapeo sistemático de literatura sobre 45 estudios secundarios publicados entre el 2017 y el 2019. Se identificaron 25 áreas, 17 usos, 41 *frameworks*, 38 beneficios y 40 desafíos. Los resultados indican que el área de aplicación más reportada es la Internet de la salud, el uso más común es el almacenamiento de datos, y el *framework* más usado es Ethereum. El mayor beneficio es la seguridad de los datos y el principal desafío es la escalabilidad.

Palabras-clave: Blockchain; IoT; seguridad; mapeo sistemático de literatura; estudio terciario.

Blockchain for the security of the Internet of Things: a tertiary study

Abstract: The Internet of Things (IoT) and Blockchain are two technologies that have grown rapidly in recent years. Their integration leverages the security qualities of Blockchain in the context of IoT data. The objective of this tertiary study is to synthesize the existing knowledge about Blockchain applied to security of IoT. For this, a systematic literature mapping was conducted over 45 secondary studies published between 2017 and 2019. We identified 25 areas, 17 uses, 41 frameworks, 38 benefits and 40 challenges. The results indicate that the most reported application area is the Internet of health, the most common use is data storage, and the most widely used framework is Ethereum. The biggest benefit is data security and the main challenge is scalability.

Keywords: Blockchain; IoT; security; sistematic literature mapping; tertiary study.

1. Introducción

La tecnología Blockchain ha tenido mucho crecimiento desde que Satoshi Nakamoto la popularizó con la creación del Bitcoin (Taylor, Dargahi, Dehghantanha, Parizi y Choo, 2019). Esta tecnología no solo ha sido utilizada en criptomonedas, sino también en numerosos campos de la computación y del desarrollo del software. Uno de ellos es la Internet de las cosas (IoT), donde se ha aplicado principalmente para reforzar la seguridad de dispositivos de IoT, los cuales están siendo utilizados cada vez más alrededor del mundo.

La IoT se define como la interconexión de dispositivos físicos y virtuales de forma distribuida con el propósito de intercambiar información a través de la red, creando así un entorno inteligente con el que el ser humano puede interactuar (Moin, Karim, Safdar, Safdar, Ahmed y Imran, 2019). Aún no existe un único modelo de referencia para la IoT (Makhdoom, Abolhasan, Abbas y Ni, 2019), pero es común que se use una arquitectura de cuatro capas: la capa de percepción, la capa de transmisión, la capa de servicio y la capa de aplicación o interfaz. El uso de dispositivos de IoT ha crecido considerablemente en los últimos años, con la creación de los asistentes inteligentes como Siri 1, Alexa 2, Google 3, entre otros. Los dispositivos de IoT están siendo usados en casas y vehículos inteligentes, entre otros campos, por lo que estos dispositivos manejan gran cantidad de información sensible y son susceptibles a ataques informáticos. En la búsqueda de métodos para proteger los datos y la comunicación de los dispositivos de IoT, Blockchain se ha perfilado como una tecnología prometedora.

Blockchain es una estructura de datos distribuida (conocida como *ledger*), que corre sobre una red *peer-to-peer* y utiliza criptografía y marcas de tiempo para vincular los bloques que contienen la información, formando así una cadena de bloques. En Blockchain, cada participante de la red tiene una copia de todos los datos, permitiendo detectar intentos de alteración a la cadena mediante un algoritmo de consenso, restaurando o excluyendo así al participante de la red. Esto proporciona inmutabilidad, transparencia, seguridad y auditoría de cada transacción que se hace en la cadena, desde su creación. Blockchain puede enriquecer la IoT al proveer un servicio de intercambio de información que garantiza transparencia, trazabilidad e inmutabilidad de los datos (Reyna, Martín, Chen, Soler y Díaz, 2018). Blockchain también ofrece integridad y descentralización de los datos: integridad al proteger los datos de posibles ataques maliciosos que busquen modificarlos para su beneficio, y descentralización al ofrecer múltiples copias de los datos en la red (a diferencia de muchas de las arquitecturas de computación en la nube, que suelen ser centralizadas, siendo un blanco para ataques que puedan comprometer la información almacenada y afectar el servicio brindado por la IoT). Debido a esto recientemente se han buscado nuevas formas de incorporar Blockchain a la IoT, convirtiéndola en un área investigación activa.

Este estudio terciario busca sintetizar el estado actual de la aplicación de Blockchain a la seguridad en el contexto de la IoT, mediante un mapeo sistemático de la literatura. Nuestro estudio identificó un total de 45 estudios secundarios, los cuales fueron analizados con respecto a las áreas en las que ha sido aplicada, los usos que se le han dado dentro de la IoT, los *frameworks* utilizados, los beneficios obtenidos y los desafíos identificados de la integración de Blockchain en la IoT.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presentan trabajos relacionados. En la Sección 3 se detalla la metodología seguida para el mapeo sistemático

de literatura. En la Sección 4 se muestran y discuten los resultados obtenidos. En la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

2. Trabajo relacionado

En esta sección se presentan los estudios previos más relevantes a nuestro trabajo.

Makhdoom, Abolhasan, Abbas y Ni (2019) presentan una revisión sistemática de literatura sobre 165 artículos, que reporta las peculiaridades de un entorno de IoT, incluidos sus requisitos de seguridad, rendimiento y avance en tecnologías Blockchain. Los autores identifican brechas y desafíos de Blockchain. Además, revisan aplicaciones de IoT basadas en Blockchain para resaltar las tendencias en las aplicaciones de IoT y los problemas de Blockchain que resuelven.

Acharjamayum, Patgiri y Devi (2019) presentan un *survey* de 46 estudios, enfocado en Blockchain y sus aplicaciones en diferentes áreas, dentro de las cuales está IoT. Además hacen referencia a beneficios y desafíos tales como la escalabilidad y la fuga de datos al aplicar Blockchain en la IoT.

Shehzad, Afrasayab, Khan, Mushtaq, Ahmed y Saleemi (2019) realizan una revisión de 23 estudios, que investiga la aplicación de Blockchain a la IoT. Primero identifican los problemas de seguridad que presentan los sistemas de IoT en la actualidad. Luego presentan las características o fortalezas de Blockchain para solucionar los problemas previamente identificados. Y finalmente presentan los desafíos de la aplicación de Blockchain a la IoT. Los autores concluyen que Blockchain es una buena opción para solucionar problemas de la IoT como la seguridad e integridad de los datos, pero a la vez presenta desafíos como la escalabilidad y la falta de anonimidad.

Lo, Liu, Chia, Xu, Lu, Zhu y Ning (2019) reportan una revisión sistemática de literatura sobre 60 estudios, que recopila los enfoques técnicos para la integración de Blockchain en la IoT. De los estudios analizados, 35 corresponden a implemen-taciones reales de Blockchain en la IoT, de los cuales se extraen los *frameworks* utilizados en dichas implementaciones y los usos para los que fue destinado Blockchain dentro de la IoT. Los autores concluyen que los mayores desafíos de la implementación de Blockchain son el rendimiento y la escalabilidad.

Los estudios mencionados anteriormente sirvieron de guía para definir el enfoque de nuestra investigación y algunos fueron utilizados como referencia para identificar y clasificar los datos asociados a nuestras preguntas de investigación. Este estudio se diferencia de los anteriores por su enfoque en caracterizar las áreas, usos, *frameworks*, así como beneficios y desafíos de Blockchain. Otras investigaciones han estudiado la combinación de Blockchain e IoT, pero en nuestro caso, el interés es específicamente en la seguridad de la IoT.

3. Metodología

Los estudios terciarios tienen como objetivo sintetizar la información reportada en estudios secundarios, para ofrecer una visión general sobre el estado del arte en el área. Este estudio terciario realiza un mapeo sistemático de literatura siguiendo los lineamientos de Petersen, Vakkalanka y Kuzniarz (2015).

El objetivo de nuestra investigación fue analizar la tecnología Blockchain en la seguridad de la IoT, con el fin de caracterizarla con respecto a sus áreas, usos, *frameworks*, beneficios y desafíos, desde el punto de vista del investigador, en el contexto de la IoT. Para ello se definieron las siguientes preguntas de investigación:

- **RQ1** ¿Cuáles áreas de aplicación y usos ha tenido el Blockchain en el contexto de la seguridad de la IoT?
- **RQ2** ¿Cuáles *frameworks* de Blockchain se emplean para la seguridad de la IoT?
- **RQ3** ¿Qué beneficios ofrece Blockchain para la seguridad de la IoT?
- **RQ4** ¿Cuáles desafíos plantea la aplicación de Blockchain para la seguridad de la IoT?

3.1. Estrategia de búsqueda y proceso de selección de estudios

Inicialmente se realizó una búsqueda exploratoria en la biblioteca digital Scopus (la cual indexa artículos de otras bases de datos como IEEE Xplore, ACM, Elsevier, MDPI, SpringerLink, Science Direct, Emerald Insight, entre otras) con las palabras Blockchain, IoT y Seguridad. De ahí se identificaron seis artículos de control: Ferrag, Derdour, Mukherjee, Derhab, Maglaras y Janicke (2019), Sayadi, Ben Rejeb y Choukair (2019), Reyna, Martín, Chen, Soler y Díaz (2018), Alkurdi, Elgendi, Munasinghe, Sharma y Jamalipour (2019), Gao, Hatcher y Yu (2018), y Jesús, Chicarino, De Albuquerque y Rocha (2018). Con base en el objetivo, las preguntas de investigación, y las palabras clave extraídas de los artículos de control, se construyó la versión inicial de la cadena de búsqueda. También se usó el modelo PICO (Fernández-Caramés y Fraga-Lamas, 2018) en el proceso de construcción de la cadena, donde la población se definió como "sistemas de IoT", la intervención como "Blockchain y seguridad", la comparación no aplicaba, y las salidas como "áreas, usos, *frameworks*, beneficios y desafíos". La cadena final refinada y normalizada para todas las bases de datos fue la siguiente:

(IOT OR "Internet of things" OR "Internet of everything")
AND Blockchain AND secur AND (survey OR review OR mapping)*

La cadena se ejecutó en las siguientes bases de datos: Scopus, IEEE Xplore, ACM Digital Library, Science Direct, y Web of Science. El protocolo base del mapeo se desarrolló de marzo a junio del 2019, la búsqueda automatizada se realizó en junio del 2019, y los estudios se analizaron entre julio y diciembre del 2019.

Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
I1: Estudios secundarios (*surveys*, revisiones o mapeos de literatura)	**E1**: Estudios que no se encuentren en texto completo
I2: Artículos de conferencias o revistas	**E2**: Estudios que no estén en inglés
I3: Estudios que se enfoquen en Blockchain para la seguridad de la Internet de las cosas	**E3**: Estudios no relacionados con computación

Tabla 1 – Criterios de inclusión y exclusión.

Para la selección y el filtrado de los estudios secundarios, se definieron los criterios de inclusión (I) y exclusión (E) mostrados en la Tabla 1. Los criterios de inclusión y exclusión fueron aplicados sobre el título, resumen y palabras clave de los artículos obtenidos con la búsqueda automatizada. El proceso completo de selección de estudios se ilustra en la Figura 1. La lista completa de los estudios seleccionados para análisis puede consultarse en el enlace: https://tinyurl.com/y9dv5sxa.

3.2. Evaluación de calidad

La calidad de los estudios secundarios se evaluó usando los criterios DARE (*Database of Abstracts of Reviews of Effects*) (U. Dissemination, 2002), los cuales son estándar para evaluar estudios secundarios. Las preguntas que plantea el DARE son las siguientes:

- **Q1** ¿Están los criterios de inclusión y exclusión del estudio explícitos y claramente definidos?
- **Q2** ¿Es probable que la búsqueda en la literatura haya cubierto estudios relevantes?

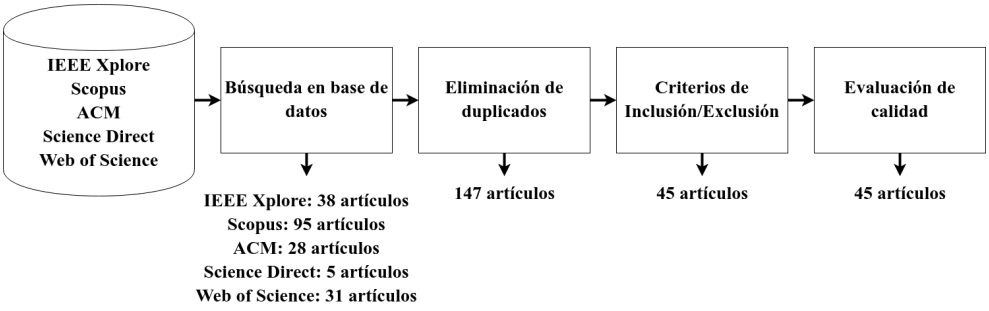


Figura 1 – Proceso de selección de artículos.

- **Q3** ¿Los investigadores evaluaron la calidad/validez de los estudios incluidos?
- **Q4** ¿Se describieron adecuadamente los datos/estudios básicos?

Se realizó la lectura completa de cada estudio y se evaluó, según los criterios de calidad, asignando un puntaje entre 0 y 1 a cada criterio, donde 0 = No cumple el criterio, 0,5 = Lo cumple parcialmente, y 1 = Sí lo cumple. La mediana de los puntajes de calidad de los estudios fue de 2,0, con una desviación de 0,86. No se eliminaron artículos con baja calidad para la fase de análisis. El detalle de la evaluación de calidad por estudio y criterio está en https://tinyurl.com/y9dv5sxa.

3.3. Extracción y análisis de datos

Para extraer los datos se utilizó una hoja de cálculo que permitió organizar y clasificar la información. La extracción de datos fue realizada por el primer autor del estudio. Los elementos del formulario se muestran en la Tabla 2. El formulario de extracción completo se encuentra en el enlace https://tinyurl.com/y9dv5sxa. En adelante se usarán

los identificadores S1, S2, etc. para referenciar los estudios secundarios analizados, según se detallada en el formulario de extracción.

Categoría	Elementos de datos
Información general	Identificador, referencia, título, autores, año, bases de datos
Áreas y usos (RQ1)	Áreas de la IoT y usos en los que se ha aplicado Blockchain
Frameworks (RQ2)	*Frameworks* de Blockchain que se han aplicado en la seguridad de la IoT
Beneficios (RQ3)	Beneficios de usar Blockchain, soluciones a problemas identificados
Desafíos (RQ4)	Desafíos a futuro y limitaciones de implementación de la tecnología
Criterios de calidad	Puntaje total de calidad y por criterio Q1, Q2, Q3, Q4

Tabla 2 – Datos extraídos de los estudios.

El análisis de los datos se hizo con base en las taxonomías propuestas por Fernández-Caramés y P. Fraga-Lamas (2018) y Jesús, Chicarino, De Albuquerque, y Rocha (2018) para categorizar las áreas de la IoT, y para los usos de Blockchain se propuso una agrupación propia, según los usos reportados en los estudios mismos. Para los *frameworks*, se optó por listarlos sin agrupación. Para el análisis de los beneficios y desafíos, se hizo una agrupación propia. Finalmente, se resumieron y graficaron los resultados para facilitar la generación de conclusiones.

3.4. Amenazas a la validez

Para la *selección de los estudios secundarios*, se realizó una búsqueda exploratoria para identificar artículos de control, que permitieron extraer palabras clave para construir la cadena de búsqueda, a la cual además se le realizó un proceso de refinamiento y validación. La búsqueda automatizada se realizó en bases de datos reconocidas en el área de ingeniería de software. Se procuró que los criterios inclusión y exclusión fueran simples, objetivos y fáciles de comprobar. En caso de duda, se procedió a realizar una lectura completa del artículo, para evitar excluir artículos relevantes. La *extracción de la información* fue realizada de manera rigurosa con el fin de no perder datos relevantes. Para llevar control de cada artículo y su información, se elaboró un formulario que facilitó la extracción de los datos y su organización. Dicho formulario pasó por una revisión de completitud. Tanto la extracción como la *clasificación de la información* en categorías fue realizada por solo un investigador, pero las categorías fueron revisadas para reducir inconsistencias. Los *resultados y conclusiones* de la investigación se infirieron a partir de los estudios secundarios analizados, pasando por varias revisiones y validaciones (múltiples lecturas de los estudios y revisión por pares). Además, todo el proceso realizado se reportó de forma detallada, según el protocolo de mapeos sistemáticos de literatura, para que pueda ser validado por otros investigadores.

4. Análisis de resultados

En esta sección se presentan los resultados del mapeo sistemático de 45 estudios secundarios, respondiendo a cada pregunta de investigación.

4.1. Áreas de aplicación y usos de Blockchain para la seguridad de la IoT

Se identificaron 25 áreas de aplicación de Blockchain a la seguridad de la IoT, las cuales se detallan en la Tabla 3 (organizadas en categorías/sectores). Se observa que el sector industria es el que más estudios reportan, seguido de ambientes inteligentes, y el sector salud en tercer lugar. En cuanto a las áreas más reportadas, Internet de la salud sobresale con 13 reportes, lo cual puede deberse al aumento de dispositivos de monitoreo de signos vitales que generan información sensible, y es de interés para los investigadores proteger dicha información. En segundo lugar está el área de casas inteligentes, con 10 menciones, y en tercer lugar empatadas con 8 menciones las áreas de Internet de los vehículos e Internet de la energía. Con el surgimiento de los vehículos autónomos y los *smart contracts*, se busca proteger los datos e incrementar la autonomía de los vehículos, permitiendo que estos tomen decisiones con una mi´nima intervención humana; un ejemplo es la comuni-cación de un vehículo con la gasolinera más cercana para comprar combustible. Las demás áreas de aplicación se categorizaron en transporte, energía, logística, telecomunicaciones, economía, organización del país, y otros.

Categoría	Área	Estudios	Cantidad
Industria (15)	Alimentos-agricultura	S13,S19,S29,S32,S34, S41	6
	Cadenas digitales de suministro	S1,S11,S19,S25	4
	Manufactura	S13,S27,S36,S39,S41	5
	Industria (sin especificar)	S25,S33,S37,S42	4
Ambientes inteligentes (14)	Casas inteligentes	S2,S4,S6,S18,S30,S33, S34,S38,S39,S42	10
	Ciudades inteligentes	S12,S18,S19,S23,S34, S36	6
	Objetos inteligentes	S19	1
Cuidado de la salud (13)	Internet de la salud	S1,S10,S11,S13,S19,S21,S23, S27,S33,S35, S36,S39,S41	13
	Smart living	S19	1
Transporte (12)	Internet de los vehículos	S1,S11,S12,S19,S25,S39,S41,S44	8
	Transporte (sin especificar)	S23,S33,S34,S36	4
Energía (9)	Internet de la energía	S19,S23,S27,S30,S33,S34,S39	7
	Smart grid	S33,S36,S41	3
Logística (4)	Logística (sin especificar)	S7,S19,S42	3
	Distribución (sin especificar)	S13,S19	2
Telecomunicaciones (4)	Internet de las cosas - era 5G	S1,S11,S19,S25	4
Economía (4)	Finanzas	S11,S13,S19	3
	Negocios	S33	1
Organización del país (2)	Gobierno (democracia, aplicación de leyes)	S19	1
	Defensa y seguridad pública	S19	1
	Educación	S33	1

Categoría	Área	Estudios	Cantidad
Otros (4)	Dispositivos de IoT	S1,S30	2
	Internet de la nube	S1	1
	Big data	S12	1
	Plataforma de IoT genérica	S39	1

Tabla 3 – Áreas de aplicación de Blockchain en la seguridad de la IoT.

También se identificaron 17 usos dados a Blockchain para la seguridad de la IoT, los cuales se detallan en la Tabla 4 (agrupados en categorías). Los usos más repor-tados son el almacenamiento de datos con 6 citas, y el control de acceso y manejo de identidad con 5 citas cada uno. Estos usos están relacionados con las características más marcadas de Blockchain, pues el almacenamiento de datos es la finalidad para la cual fue creado, y sus propiedades de seguridad y validación permiten que sea empleado como gestor de control de acceso y manejo de identidad. Estos usos pertenecen a las categorías de manejo de datos e identidad, que son las más comunes. Otros usos se categorizaron en comercio electrónico, entrega de contenido, *networking*, y procesamiento de datos.

Categoría	Uso	Estudios	Cantidad
Manejo de datos (9)	Almacenamiento de datos	S1,S11,S24,S27,S42, S45	6
	Aplicaciones de *crowdsensing*	S1,S19	2
	Blockchain para garantizar la privacidad	S2	1
	Aplicaciones distribuidas P2P	S1	1
	Edge computing	S1	1
	Blockchain en el uso de protocolos seguros	S6	1
Identidad (9)	Control de acceso	S1,S6,S24,S37,S45	5
	Sistema de manejo de identidad	S23,S26,S27,S37,S40	5
Comercio Electrónico */Trading* (5)	Contrato inteligente	S5,S18	2
	Comercio electrónico basado en Bitcoin	S2,S6	2
	Bitcoin	S1	1
Entrega de contenido (4)	Actualizaciones de software/ *firmware*	S15,S24,S27	3
	Entrega de video colaborativa	S1	1
Networking (2)	Redes definidas por software	S1	1
	Comunicación dispositivo a dispositivo	S15	1
Procesamiento de datos (2)	Sistema de evaluación	S27	1
	Registrador de eventos	S37	1

Tabla 4 – Usos de Blockchain en la seguridad de la IoT.

4.2. *Frameworks* de Blockchain usadas en la seguridad de la IoT

Se identificaron 41 *frameworks* para la implementación e integración de Block-chain con IoT. La Tabla 5 detalla los 12 *frameworks* con más menciones. Los demás *frameworks* que completan la lista (reportados por solo un estudio) son: BIFIT, Blockchain Connected, Aigang, MyBit, AeroToken, Chain of things, Chronicled, Modum, Riddle and Code, Blockchain of things, Self-bootstrap, BitCongress, RXTP, Onename, KSI Guardtime, Fair Access, PISCES, PlaTIBART, Hawk, JoinCloud, BigchainDB, Corda, HydraChain, OriginChain, Lisk, Quorum, HDAC, Watson IoT, Moeco.

Ethereum predomina como el más reportado con 27 menciones, siendo uno de los *frameworks* con más trayectoria, flexibilidad de implementación, e integración con diversos sistemas de IoT. Hyperledger-Fabric es otro *framework* cuyo uso viene en aumento. Pese a no ser tan antiguo, la comunidad le ha dado mucho apoyo, tanto que actualmente existen distintos tipos de *frameworks* y herramientas dentro de la familia de Hyperledger. Se presentan además *frameworks* nuevos, creados específicamente para la IoT, conocidos como BOT (*Blockchain Of Things*), entre los cuales están IOTA y ADEPT.

Framework	Estudios	Cantidad
Ethereum	S1,S2,S4,S5,S6,S7,S9,S11,S15,S16,S17,S18,S19,S24,S27S29,S30,S31, S35,S36,S37,S38,S39,S40,S41,S42, S44	27
Hyperledger-Fabric (IBM-Linux)	S1,S2,S4,S5,S6,S9,S11,S15,S17,S18,S19,S24,S29, S39, S41,S42,S43,S44	18
Ripple	S2,S5,S6,S7,S17,S18,S19,S42,S43	9
ADEPT	S4,S5,S6,S9,S16,S18,S19,S36	8
Bitcoin & Bitpay	S7,S9,S15,S30,S38,S40,S41,S42	8
IOTA	S6,S9,S15,S17,S18,S30,S43	7
Slock.it	S5,S12,S18,S27,S30	5
Multichain	S5,S39,S41,S42	4
ENIGMA	S15,S17,S18	3
Filament	S6,S18,S27	3
LO3 Energy	S5,S27	2
Litecoin	S5,S40	2

Tabla 5 – *Frameworks* de Blockchain utilizados en la seguridad de la IoT.

4.3. Beneficios de Blockchain aplicado a la seguridad de la IoT

Se identificaron 38 beneficios que aporta Blockchain a la seguridad de la IoT, los cuales se listan en la Tabla 6, agrupados en categorías. Entre los beneficios más reportados destacan la seguridad y la descentralización con 14 menciones, la integridad de los datos con 13 menciones, y el control de acceso con 12 menciones. La seguridad se refiere a la protección que brinda Blockchain ante individuos y ataques maliciosos, gracias a su naturaleza distribuida, descentralizada y consen-suada. La integridad de los datos es beneficiosa para un sistema de IoT puesto que lo protege de posibles pérdidas de información. Esto

se logra en parte gracias a la descentralización de la arquitectura del Blockchain, que además brinda beneficios como disponibilidad y continuidad del servicio. El control de acceso de Block- chain es un beneficio importante para la IoT puesto que controla los movimientos y nodos que conforman el sistema, evitando que quede expuesto.

La seguridad de los datos fue la categoría de beneficios más común, seguida del manejo de identidad y la auditabilidad. Otros beneficios se categorizaron en continuidad de los sistemas de TI, reducción de tiempo y costo, y flexibilidad.

Categoría	Beneficio	Estudios	Cantidad
Seguridad de los datos (34)	Seguridad (no especificado)	S5,S7,S10,S11,S13,S16,S17, S22,S27,S31,S35,S36,S38,S41	14
	Descentralización	S1,S4,S5,S7,S19,S20,S22,S27, S35,S36,S38, S39,S42,S43	14
	Integridad de datos	S1,S2,S6,S7,S8,S13,S17,S18, S23,S30,S31, S37,S39	13
	Inmutabilidad	S20,S22,S29,S35,S39,S40,S42	7
	Fiabilidad	S1,S3,S5,S23,S41	5
	Confidencialidad de los datos	S1,S6,S17	3
	Manejo de almacenamiento de datos	S14,S15,S43	3
	Protección de datos	S1,S34	2
	Persistencia	S4	1
	Capacidad	S42	1
	Encripción	S43	1
	Entrega de código segura	S5	1
	Calidad	S13	1
Manejo de identidad (23)	Control de acceso,autorización	S1,S6,S8,S9,S13,S17,S23,S34, S35,S37,S40, S44	12
	Privacidad	S2,S8,S9,S16,S17,S23, S25,S37,S43	9
	Autenticación	S2,S6,S18,S35,S37, S44	6
	Confiabilidad	S17,S27,S45	3
	Identidad	S5,S9,S14	3
	Anonimidad	S36,S38	2
Auditabilidad (16)	Procedencia y auditoría	S1,S4,S6,S13,S21,S40	6
	Trazabilidad	S27,S29,S41,S42,S44	5
	No repudio	S2,S6,S13,S18	4
	Transparencia	S4,S27	2
	Rendición de cuentas	S23,S25	2
	Intercambio de datos	S35	1
	Aseguramiento	S35	1

Categoría	Beneficio	Estudios	Cantidad
Continuidad de los sistemas de TI (9)	Disponibilidad	S2,S6,S13,S17,S22, S23	6
	Tolerancia a fallos	S3,S8,S17	3
	Resilencia	S1,S17	2
	Tiempo de operación	S3	1
Reducción de tiempo y costo (7)	Mejora en la eficiencia	S16,S27,S45	3
	Reducción en costos de mantenimiento	S17,S27,S45	3
	Autonomía	S5,S41	2
	Rendimiento	S11,S27	2
Flexibilidad (6)	Escalabilidad	S3,S5,S7	3
	Adaptabilidad	S17	1
	Movilidad	S35	1
	Interoperabilidad	S41	1

Tabla 6 – Beneficios de Blockchain en la seguridad de la IoT.

4.4. Desafíos de Blockchain aplicado a la IoT

Se identificaron 40 desafíos que presenta Blockchain al ser implementado en la IoT para reforzar la seguridad. La Tabla 7 lista estos desafíos, organizados en categorías. La escalabilidad, la privacidad y la limitación de almacenamiento son los desafíos más reportados. Si bien Blockchain puede escalar, su rendimiento y tiempo de respuesta en sistemas grandes (como algunos de IoT) puede verse afectado debido a que cada nuevo nodo en Blockchain suma complejidad y tiempo en la replicación de los datos y el consenso. El desafío de la privacidad se refiere a que Blockchain en general no encripta los datos (hay implementaciones que tienen un mecanismo de encripción, pero no son recomendables para sistemas IoT porque incrementan el consumo de recursos y el tiempo de procesamiento). Por otro lado, la limitación del almacenamiento tiene dos aristas: primero, muchos sistemas de IoT se componen de dispositivos pequeños y con capacidad de almacenamiento restringida; segundo, Blockchain tiene una cantidad limitada de bloques y transacciones que puede crear, lo cual es problemático en sistemas grandes de IoT que generan gran cantidad de datos en poco tiempo. El rendimiento y la limitación de capacidad fueron las dos categorías de desafíos más reportadas.

5. Conclusiones

Este trabajo realizó un mapeo sistemático de literatura sobre 45 estudios secundarios, con el fin de analizar la tecnología Blockchain en la seguridad de la IoT caracterizando sus áreas, usos, *frameworks*, beneficios y desafíos. Se obtuvieron 25 áreas, 17 usos, 41 *frameworks*, 38 beneficios y 40 desafíos todos relacionados a la aplicación de Blockchain en la seguridad de la IoT. Encontramos que la calidad de la mayoría de los estudios secundarios analizados era baja, siendo pocos los estudios que seguían una metodología rigurosa, lo que indica que se necesita mejorar la calidad de los estudios y su reporte en esta área.

Categoría	Desafío	Estudios	Cantidad
Rendimiento (22)	Latencia	S9,S12,S16,S19,S24,S29,S30,S36,S42,S45	10
	Consumo de recursos (consenso)	S5,S6,S7,S9,S11,S12, S16,S24,S41	9
	Ancho de banda	S19,S36,S42	3
	Rendimiento	S26,S38,S40	3
	Throughput	S29,S30,S42	3
	Disponibilidad	S4,S14	2
	Smart Contracts	S5,S19	2
	Criptografía	S23	1
	Ligereza (*lightweight*)	S10	1
	Movilidady particio-namientos de IoT	S9	1
Limitación de capacidad (21)	Escalabilidad	S4,S5,S7,S11,S13,S16,S17,S18,S20, S21,S27, S29,S35,S36,S38,S41, S45	17
	Limitaciónde almacena-miento - Capacidad	S1,S5,S9,S11,S13,S18,S19,S29,S36,S38,S42	11
	Manejo de datos masivo (*big data*)	S13,S17,S19	3
	Complejidad (sistemas de gran tamaño)	S19	1
	Infraestructura (dispositivos pequeños)	S19	1
	Comunicación (protocolos)	S9	1
Exposición de los datos (17)	Privacidad	S4,S5,S6,S7,S17,S19,S26,S29,S35, S40,S41, S42	12
	Anonimidad	S4,S5,S8,S14,S27, S31,S36	7
	Seguridad de los datos	S27,S41,S42	3
Integraciones complejas (10)	Manejo de redes de confianza	S1,S7,S12,S26,S40	5
	Interoperabilidad	S7,S17,S19	3
	Manejo de múltiples cadenas	S19,S42	2
	Aspectos de aprendizaje de máquina	S13,S17	2
	Integración con dispositivos de IoT	S41	1
Vulnerabilidad (10)	Amenazas de seguridad (ciberseguridad)	S1,S2,S4,S17,S19,S21	6
	Control de acceso	S14,S26	2
	Manejo de claves	S23,S35	2
	Resilencia contra ataques combinados	S1	1
	Integridad	S14	1
	Accesibilidad	S14	1
	Autenticación	S14	1

Categoría	Desafío	Estudios	Cantidad
Estandarización (10)	Problemas legales	S5,S7,S19,S25,S29, S38	6
	Estándares	S7,S17,S19,S35,S39	5
	Autonomía	S42	1
Costos operacionales (8)	Eficiencia energética	S1,S7,S19,S38,S39, S42	6
	Costos (inversión)	S27,S29	2
Complejidad de programación (6)	*Fork*	S7,S42	2
	Falta de habilidades	S29,S38	2
	Aspectos definidos por software	S13	1
	Pruebas de campo rápidas	S19	1

Tabla 7 – Desafíos de Blockchain en la seguridad de la IoT.

Con respecto a los hallazgos más interesantes, las principales áreas de aplicación de Blockchain en la IoT fueron la industria y los ambientes inteligentes. En cuanto a los usos de Blockchain en la seguridad de la IoT, sobresalen el manejo de datos y la identidad. Los *frameworks* más utilizados son Ethereum y Hyperledger-Fabric. El principal beneficio de aplicar Blockchain a la IoT es la seguridad de los datos. Los principales desafíos de Blockchain en la actualidad son el rendimiento y la limitación de capacidad de los sistemas de IoT.

La contribución de este trabajo a la industria radica en la identificación de *frameworks* que integran Blockchain con IoT, así como sus beneficios, lo cual podría ayudar a organizaciones que estén considerando incursionar en el área. En el ámbito académico, los desafíos identificados pueden servir de guía para futuras investigaciones.

Como trabajo futuro, se recomienda comparar los *frameworks* identificados en esta investigación, y proponer mejoras a estos *frameworks* que permitan resolver los desafíos reportados. Finalmente, se podría evaluar cuál *framework* es mejor para cada uno de los usos identificados de Blockchain en la seguridad de la IoT.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente apoyado por los proyectos 834-B8-A27, 834-B7-749 y 834-C0-726 de la Universidad de Costa Rica (UCR), que financia el Centro de Investigaciones en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) y la Escuela de Ciencias de la Computación e Informática (ECCI). Agradecemos al Grupo de Ingeniería de Software Empírica (ESEG) por sus valiosos aportes.

Referencias

W. Gao, W. G. Hatcher, and W. Yu, “A survey of blockchain: Techniques, applications, and challenges,” in Proceedings International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN, vol. 2018-July, 2018.

T. M. Fernández-Caramés and P. Fraga-Lamas, “A review on the use of blockchain for the internet of things,” IEEE Access, vol. 6, pp. 32979–33001, 2018.

E. F. Jesus, V. R. L. Chicarino, C. V. N. De Albuquerque, and A. A. D. A. Rocha, “A survey of how to use blockchain to secure internet of things and the stalker attack,” Security and Communication Networks, vol. 2018, 2018.

P. Taylor, T. Dargahi, A. Dehghantanha, R. Parizi, and K.-K. Choo, “A systematic literature review of blockchain cyber security,” Digital Communications and Networks, 2019.

K. Petersen, S. Vakkalanka, and L. Kuzniarz, “Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update,” Information and Software Technology, vol. 64, pp. 1–18, Aug. 2015.

S. Moin, A. Karim, Z. Safdar, K. Safdar, E. Ahmed, and M. Imran, “Securing iots in distributed blockchain: Analysis, requirements and open issues,” Future Generation Computer Systems, vol. 100, pp. 325–343, 2019.

I. Makhdoom, M. Abolhasan, H. Abbas, and W. Ni, “Blockchain’s adoption in iot: The challenges, and a way forward,” Journal of Network and Computer Applications, vol. 125, pp. 251–279, 2019.

S. Sayadi, S. Ben Rejeb, and Z. Choukair, “Blockchain challenges and security schemes: A survey,” in Comnet 2018 7th International Conference on Communications and Networking, 2019.

A. Reyna, C. Martín, J. Chen, E. Soler, and M. Díaz, “On blockchain and its integration with iot. challenges and opportunities,” Future Generation Computer Systems, vol. 88, pp. 173–190, 2018.

I. Acharjamayum, R. Patgiri, and D. Devi, “Blockchain: A tale of peer to peer security,” pp. 609–617, 2019.

K. Shehzad, M. Afrasayab, M. Khan, M. A. Mushtaq, R. L. Ahmed, and M. M. Saleemi, “Use of blockchain in internet of things: A systematic literature review,” in 2019 Cybersecurity and Cyberforensics Conference (CCC), pp. 165–171, 2019.

S. K. Lo, Y. Liu, S. Y. Chia, X. Xu, Q. Lu, L. Zhu, and H. Ning, “Analysis of blockchain solutions for iot: A systematic literature review,” IEEE Access, vol. 7, pp. 58822–58835, 2019.

M. A. Ferrag, M. Derdour, M. Mukherjee, A. Derhab, L. Maglaras, and H. Janicke, “Blockchain technologies for the internet of things: Research issues and challenges,” IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 2, pp. 2188–2204, 2019.

F. Alkurdi, I. Elgendi, K. S. Munasinghe, D. Sharma, and A. Jamalipour, “Blockchain in iot security: A survey,” in 2018 28th International Telecommunication Networks and Applications Conference, ITNAC 2018, 2019.

U. Dissemination, “The database of abstracts of reviews of effects (dare),” 12 2002.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/10/2020
Aceitação/Acceptance: 27/12/2020

Análisis de Sentimientos/Polaridad en diferentes tipos de documentos

Camilo Salazar[1], Jose Aguilar[1,2], Julián Monsalve-Pulido[1], Edwin Montoya[1]

jhenaos@eafit.edu.co; aguilar@ula.ve; jmsistemas@gmail.com; emontoya@eafit.edu.co

[1] Universidad EAFIT, Carrera 49 # 7 sur 50, 050021, Medellín, Antioquia, Colombia

2 Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Mérida, Venezuela.

Pages: 344-357

Resumen: Clásicamente, el análisis de sentimiento tiene como objetivo identificar la actitud del escritor hacia individuos, eventos o temas, pero este artículo propone un enfoque inverso, un proceso para la identificación de polaridad/sentimiento en los documentos. En particular, nuestro enfoque se puede utilizar para predecir el posible efecto de un texto escrito en los usuarios. Así, este trabajo presenta el problema de Clasificación de Sentimientos en textos y propone una estrategia para clasificar su polaridad (positiva o negativa). Para ello, el artículo analiza tres métodos de extracción de palabras clave del texto, y define un proceso para una identificación automática de su polaridad. Las características/palabras clave extraídas se analizan mediante el proceso de análisis de polaridad, para determinar la connotación positiva/negativa del texto. Se realizaron experimentos en varios conjuntos de datos, para diferentes formas de considerar las palabras clave extraídas.

Palabras-clave: Análisis de polaridad; análisis de sentimientos; extracción de palabras clave.

Polarity Analysis in different types of Documents

Abstract: Classically, Sentiment Analysis aims to identify the writer's attitude toward individuals, events, or topics, but this paper proposes an inverse approach, a process for sentiment/polarity identification in documents. Particularly, our approach can be used to predict the possible effect of a written text on the users. Thus, this paper presents the Sentiment Classification problem in texts, and proposes a strategy to classify their polarity (positive/negative). For this, the paper analyses three keywords extraction methods from the text, and defines a process for an automatic identification of its polarity. The features/keywords extracted are analyzed by the polarity analysis process, to determine the positive/negative connotation of the text. Several experiments have been carried out in different datasets, with different forms to consider the extracted keywords.

Keywords: Polarity Analysis; Sentiment Analysis Keywords Extraction

1. Introducción

Tradicionalmente la computación afectiva ha estudiado el problema del análisis de sentimientos con el fin de analizar la opinión y el sentimiento de las personas hacia entidades, como productos, servicios, entre otros (Poria et al., 2015). Este dominio se ha estudiado, en gran medida, debido a la gran cantidad de aplicaciones del mundo real en las que es importante descubrir la opinión de las personas (Sánchez et al., 2019). Por otro lado, hay una gran cantidad de datos generados en diferentes dominios, que expresan información específica de una entidad (producto), y no necesariamente una opinión, pero que son necesarios analizar para conocer el impacto del producto en los usuarios potenciales. Es muy importante en los procesos de aprendizaje, porque la polaridad de una entidad puede influir en el estado emocional de los usuarios. Así, una entidad puede promover estados afectivos durante el proceso de aprendizaje, jugando un papel clave en la motivación, como se ha determinado en otros contextos (Aguilar & Terán, 2015; Terán & Aguilar, 2018). Por lo anterior, el análisis de polaridad es un problema importante a estudiar, por ejemplo: en un contexto de e-learning permite mejorar el proceso de aprendizaje, ya que los recursos de aprendizaje promueven estados afectivos.

En este trabajo, se propone el análisis automático de los contenidos textuales de las entidades (por ejemplo, la información sobre los metadatos LOM de los recursos de aprendizaje) para extraer sus polaridades. En general, nuestro objetivo es definir un método general para determinar la polaridad a partir del contenido del texto que describe las entidades, que formará parte de los servicios de un sistema autónomo de recomendación para entornos de aprendizaje (Monsalve-Pulido et al., 2020). De esta manera, la contribución principal de este artículo es la detección de la polaridad afectiva en los textos, con la motivación de utilizar los recursos/entidades más adaptados desde el punto de vista de su polaridad en un contexto dado. De esta forma, los procesos principales son: la extracción de palabras clave que describen el contenido de los documentos, y la detección de sus polaridades que describen el sentimiento potencial transmitido por el documento.

Los métodos de extracción de palabras clave estudiados en este artículo para el análisis de polaridad son “Latent Dirichlet Allocation” (LDA), “Conditional Random Fields” (CRF) y “Best Matching 25” (BM25), y el proceso de polaridad se basa en un léxico de polaridad contextual, que considera la polaridad de las palabras clave en los contenidos. Finalmente, la orientación semántica (polaridad) de la entidad se basa en esta información y la importancia de cada palabra clave. Hemos seleccionado los métodos anteriores porque cada uno tiene una base teórica diferente: algunos son modelos de aprendizaje automático generativos (LDA y BM25) o discriminativos (CRF), y otros son métodos estadísticos (BM25) o probabilísticos (LDA y CRF).

Se utilizó Senticnet 5.0 (Cambria et al., 2018) para la clasificación de la polaridad, ya que es una base de conocimiento que ha sido utilizado en la computación afectiva para tareas tales como análisis de sentimientos y detección de polaridad, con muy buenos resultados (Dragoni, 2019; Li et al., 2020; Satapathy et al., 2019). En particular, en este trabajo permite determinar la polaridad afectiva de cada término. Para la identificación de la polaridad y emoción en el nivel primitivo, SenticNet 5.0 utiliza el reloj de arena de las emociones (Susanto et al., 2020), que es un modelo que representa los estados afectivos a través de

etiquetas utilizando cuatro dimensiones afectivas independientes, pero concomitantes, que potencialmente pueden describir todo el abanico de experiencias emocionales.

El artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección dos se presentan los trabajos relacionados, seguido de un marco teórico, luego se presenta nuestro enfoque para determinar polaridad, y se culmina con los resultados y algunas conclusiones.

2. Trabajos relacionados

El análisis de sentimiento en contextos educativos ha sido bastante estudiado, como el trabajo (Poria et al., 2015), donde se creó una agenda de extracción de información multimodal, agregando información semántica y afectiva asociada a datos multimodales generados por los usuarios en contextos de e-learning, a través de un etiquetado automático del contenido de video y la interacción persona-computadora. Los resultados obtenidos en el conjunto de datos eNTERFACE presentan una precisión del 87,95%. En cuanto a la extracción y clasificación de polaridad en las redes sociales, es un área importante para los procesos de enseñanza-aprendizaje. En (Ortigosa et al., 2014) aplican una metodología que extrae información sobre la polaridad de los sentimientos de los usuarios (positiva, neutral o negativa), para detectar cambios emocionales que puedan ayudar a los procesos educativos. El método de clasificación implementado, llamado SentBuk, sigue un enfoque híbrido: combina técnicas de aprendizaje léxico y automático. Los resultados obtenidos a través de este enfoque muestran que es factible realizar análisis de sentimiento en Facebook con alta precisión (83,27%). Otra fuente importante de información sobre la opinión de los estudiantes es Twitter, donde el estudiante puede expresar libremente sus opiniones. En (Ravichandran & Kulanthaivel, 2014), los autores presentan un método para extraer sentimientos en mensajes de Twitter escritos por estudiantes, con el objetivo de ayudar a extraer información sobre la polaridad de los sentimientos de los estudiantes (negativa, positiva), para identificar el cambio en sus emociones. Los autores construyeron un modelo a partir de los comportamientos sentimentales de los estudiantes, utilizando el enfoque Bayesiano Naive. En la investigación, compararon los resultados con otros algoritmos de clasificación, como máquinas de soporte vectorial (SVM) y técnicas de máxima entropía. Por otro lado, las opiniones de los estudiantes pueden registrarse en los entornos virtuales de aprendizaje, con el fin de evaluar la satisfacción de los estudiantes al utilizar el material académico en su formación. En (Kechaou et al., 2011) aplicaron un método de extracción de opiniones para ayudar a los desarrolladores a mejorar y promover la calidad de los servicios. En la investigación, construyeron tres métodos de selección de características basados en información mutua (MI), ganancia de información (IG) y estadísticas CHI (CHI), con un método de aprendizaje híbrido basado en un Modelo Oculto de Markov (HMM) y SVM. Los resultados indicaron que la extracción de opiniones se vuelve más difícil cuando se realiza específicamente en blogs. Por último, demostraron que IG tiene el mejor potencial para la selección de términos sentimentales, y exhibe el mejor desempeño para la clasificación de sentimientos. Como se ha podido ver, los trabajos previos se han enfocado a analizar los comentarios de personas y en el reconocimiento de palabras emocionalmente relevantes. Ahora bien, este trabajo busca clasificar la polaridad de contenidos textuales, en vez de comentarios de personas, y evaluar la efectividad de los

métodos de extracción de palabras claves tradicionales desde documentos de texto en, vez de las palabras emocionalmente relevantes, en la tarea de clasificación de polaridad.

3. Marco teórico

3.1. Análisis de polaridad en texto

En el contexto de este trabajo, el objetivo del análisis de sentimientos es determinar la polaridad de un texto (Lin et al., 2012) Para comprender el sentimiento en un texto, es necesario comprender el sentimiento detrás de las palabras y oraciones individuales. En general, al principio, se debe comprender qué palabras son negativas (p.ej. "terrible") o positivas (p.ej. "asombroso"). Lamentablemente, no es muy fácil, el lenguaje positivo y negativo se encuentra esparcido incluso en las frases más mundanas. En un texto largo, los sentimientos positivos y negativos pueden dispersarse entre las oraciones. Un enfoque típico para el análisis de sentimientos de los documentos es utilizar las frecuencias de palabras positivas y negativas, para determinar si un documento es predominantemente positivo o negativo. Recientemente se han explorado varias direcciones de investigación, incluida la puntuación de sentimiento de palabras (es decir, puntajes de sentimiento de aprendizaje de palabras sueltas), filtrado de relevancia de tema/aspecto (es decir, determinar el tema y/o aspecto relevante para una palabra que lleva sentimiento), entre otros. Normalmente, estos enfoques ignoran los aspectos estructurales de un documento, que pueden contener información valiosa. Un modelo popular para analizar la estructura del discurso de un texto es la teoría de la estructura retórica (RST, por sus siglas en inglés) (Taboada & Mann, 2006), que describe cómo dividir un texto en intervalos, cada uno de los cuales representa una parte significativa del texto. Cada tramo es un núcleo o un satélite. Un núcleo es un tramo con el mayor grado de importancia con respecto a sus tramos relacionados. Un satélite sostiene los núcleos y se considera como tramos menos importantes. Estas partes se tratan de manera diferente para determinar el sentimiento general. RST pondera los intervalos de texto de acuerdo con su importancia para el sentimiento general del documento, y usa esta información para clasificar la polaridad del texto.

3.2. Métodos de extracción de palabras claves

En este trabajo, hemos utilizado varios métodos para extraer las características (palabras clave) que se utilizarán durante el proceso de polaridad. En trabajos anteriores se ha determinado que las diferentes técnicas para construir una representación semántica de recursos digitales educativos tienen diferentes capacidades de desempeño (Jose Aguilar et al., 2020). En particular, este trabajo está interesado en la representación semántica de documentos en función de sus palabras clave. En este trabajo se consideraron las siguientes técnicas:

BM25 (BM es una abreviatura de best matching en inglés): Es una función de clasificación para calcular la relevancia de los documentos para una consulta determinada (Robertson & Zaragoza, 2009). BM25 se basa en TF*IDF, que es una forma de aproximar la relevancia de un texto con respecto a la búsqueda de un usuario. TF es la "Frecuencia

de términos", que significa la frecuencia con la que aparece una palabra en el texto, y IDF es la "Frecuencia de documentos inversa", es decir, en cuántos documentos aparece un término. La frecuencia de documentos inversa está definida como (1/df), df = frecuencia de documento por sus siglas en inglés, y mide qué tan especial es el término. Así, TF*IDF mide la concentración relativa de un término en un conjunto dado de textos (Robertson, Zaragoza, 2009).

BM25 mejora TF*IDF y tiene sus raíces en la recuperación de información probabilística. Según esta teoría, la puntuación de relevancia refleja la probabilidad de que un usuario considere que el resultado es relevante. BM25 es una función de recuperación de bolsa de palabras que clasifica un conjunto de documentos según los términos en la consulta con respecto a su proximidad dentro de los documentos. Es una familia de funciones de puntuación, donde una de las más destacadas es:

$$Puntuación(D,Q)=\sum_{i=1}^{n} IDF(qi)\frac{f(q_i,D)(k_1+1)}{f(q_i,D)+k_1\left(1-b+b\frac{|D|}{avgdl}\right)} \quad (1)$$

Donde Q es la consulta que contiene las palabras clave q_1 ..., qn; f (q_i,D) es la frecuencia de términos de q_i en el documento D, |D| es la longitud del documento D en palabras, y avgdl es la longitud media del documento en la colección de texto de la que se extraen los documentos. $ k_1 y b son parámetros libres.

Conditional Random Fields (CLF): son un tipo de modelo discriminativo, que usa información contextual de etiquetas anteriores para predecir secuencias (Lafferty et al., 2001). En CRF se utiliza una distribución condicional, definida como:

$$\hat{y}=argmax_x P(y|x) \quad (2)$$

En CRF, los datos de entrada son secuenciales y utilizan contextos previos para hacer predicciones. Para modelar esto, CRF usa el concepto de "Función Característica" definida por f (X, i, l_{i-1}}, l_i), donde X es un conjunto de vectores de entrada, i es la posición del punto de datos a ser predicho, y l_{i-1}, l_i son las etiquetas de los puntos i-1 e i en X. La función característica debe expresar las características de la secuencia. Por ejemplo, si se usa CRF para etiquetar texto, entonces: F(X,i,l_{i-1},l_i) = 1 si l_{i-1} es un sustantivo y l_i es un verbo; de lo contrario, es 0. Cada función de característica depende de la etiqueta de la palabra anterior y la palabra actual, y puede ser 0 o 1. Para construir el campo condicional, el algoritmo aprende un conjunto de pesos (valores λ) de cada función de característica, que define la distribución de probabilidad para CRF:

$$P(y|x,\lambda)=\frac{1}{Z(x)}e^{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j}\lambda_i f_i(X,i,l_{i-1},l_i)} \quad (3)$$

donde

$$Z(X) = \sum_{y \in y} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j} \lambda_i f_i(X, i, l_{i-1}, l_i) \quad (4)$$

LDA: En general, los modelos en Machine Learning son de dos categorías: Generativo y Discriminativo. Los enfoques generativos modelan cómo se generaron los datos para usarlos en la clasificación, y los enfoques discriminativos modelan el límite de decisión entre las diferentes clases para luego clasificar nuevas entradas. Por ejemplo, LDA y Naive Bayes son algoritmos generativos, y la regresión logística y CRF son modelos discriminativos. El LDA es un modelo estadístico generativo utilizado en el procesamiento del lenguaje natural (NLP), que permite explicar conjuntos de observaciones mediante grupos no observados que explican la similitud de algunas partes de los datos [15]. Por ejemplo, si las observaciones son palabras recopiladas en documentos, se supone que cada documento puede describirse mediante una combinación de temas, y que la presencia de la palabra define los temas del documento. En LDA, la distribución de temas sigue una distribución de Dirichlet, que codifica la intuición de que los documentos cubren solo un pequeño conjunto de temas, y que los temas usan solo un pequeño conjunto de palabras frecuentes. Un tema tiene probabilidades de generar palabras, como leche y gatito, que se pueden clasificar como parte del tema "GATO". Un tema se identifica sobre la base de la detección automática de la probabilidad de co-ocurrencia de palabras, y una palabra puede aparecer en varios temas con una probabilidad diferente y con un conjunto diferente de palabras vecinas en cada tema. De esta manera, un documento puede caracterizarse por un conjunto particular de temas.

4. Modelo de extracción de polaridad de texto

El esquema de extracción de polaridades de los textos es el siguiente (ver Figura 1): primero se determinan las palabras claves de los documentos. En este paso se utilizan tres técnicas, con el fin de comparar sus rendimientos en el cálculo de la polaridad de los textos en base a las palabras claves extraídas con ellas. El segundo paso extrae las oraciones donde aparece cada palabra clave obtenida, luego se calcula la polaridad de cada oración usando la base de conocimiento Senticnet 5 (Cambria et al., 2018). En el tercer paso, las polaridades de oraciones se fusionan por palabra clave, dando como resultado una polaridad por cada palabra clave, que se promedian para calcular una polaridad única para cada documento. A continuación, se detalla cada paso.

4.1. Procesamiento de texto

Inicialmente se realiza un preprocesamiento del texto mediante las siguientes técnicas de procesamiento del lenguaje natural (NLP): tokenizar las palabras, convertir a minúsculas, eliminar signos de puntuación, eliminar tokens con longitud inferior a 2, eliminar palabras de parada y lematización de palabras. Los procesos se realizan en el orden anterior secuencialmente. Además, se eliminan los documentos con menos de 11 tokens después de la fase de preprocesamiento.

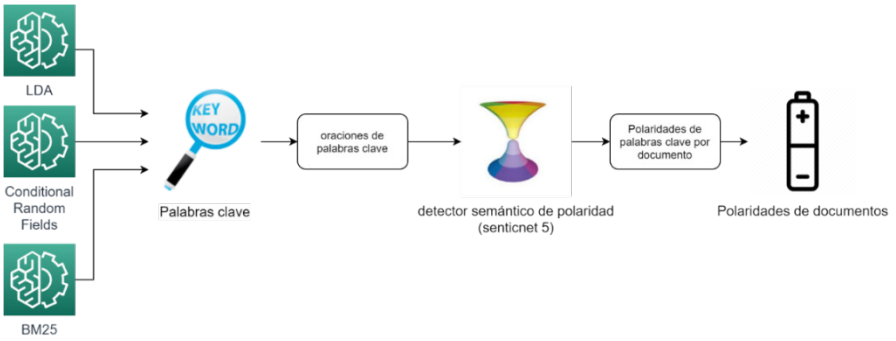


Figura 1 – Proceso de extracción de polaridad a partir de texto

4.2. Extracción de palabras claves

En este trabajo se comparan tres técnicas, las cuales se usan porque tienen diferentes bases teóricas: algunas son modelos generativos (LDA y BM25) o discriminativos (CRF), y algunas son métodos estadísticos (BM25) o probabilísticos (LDA y CRF).

BM25: calcula una puntuación relevante de las palabras en un documento. Así, el modelo determina la relevancia de las palabras en los documentos. Como cada palabra tiene una relevancia diferente en cada documento, las más relevantes se consideran como palabras clave, cuando superan un umbral determinado. Para calcular este umbral, se utilizó un conjunto de datos de documentos etiquetados con sus palabras clave. Este conjunto de datos es SemEval2010 task 5 (Kim et al., 2010), y está compuesto por 284 artículos científicos etiquetados con sus palabras clave. Se ejecutó BM25 con este conjunto de datos y se eligió el mejor percentil (el que incluía la mayor cantidad de palabras clave y menos palabras que no eran palabras clave) como el umbral de relevancia de los términos. El mejor percentil observado en la experimentación fue 99,2. Entonces, las palabras que tienen relevancia por encima del percentil 99.2 se consideran palabras clave de los documentos.

LDA: LDA calcula la distribución de temas en un documento y la distribución de palabras en un tema, para extraer las palabras claves de un documento. El tema con mayor grado se considera el tema más relevante de un documento. Además, para cada tema, LDA calcula la relevancia de cada palabra en el corpus (todos los documentos). Finalmente, LDA calcula el grado de participación de un tema en un documento, y estos valores están delimitados entre 0 y 1 (la suma de todos los valores de los temas a los documentos suma 1). En nuestro caso, se extrae el tema más relevante del documento y se toman como palabras clave las primeras palabras del tema. Como el número de palabras relevantes para cada tema es constante, el umbral, en este caso, es: el percentil 99 más la diferencia entre el percentil 99 y el percentil 50. Esta medida se considera porque la distribución de palabras relevantes para un tema sigue la ley zipf, es decir, la mayoría de las palabras tienen muy poca relevancia (casi irrelevante), y las palabras con mayor relevancia son

las palabras de parada, y entre las palabras de parada y las palabras no relevantes están las palabras claves. Sin embargo, como las palabras de parada se eliminan al inicio de los documentos, las palabras más relevantes son las palabras claves. En este caso, las palabras que están por encima del percentil 99 más la diferencia entre la mediana y el percentil 99.

CRF: En este caso, el modelo se entrena utilizando el conjunto de datos de documentos etiquetados previamente (conjunto de datos SemEval2010 task 5). Cada palabra está definida por un conjunto de características, que son la entrada al modelo, de modo que se etiqueta con 1 si es una palabra clave del documento, de lo contrario es 0. Luego, este modelo se usa para predecir palabras claves de diferentes documentos. Las características consideradas de cada palabra que son la entrada al modelo CRF son: un sesgo, la palabra en minúsculas, los últimos tres caracteres de la palabra, un booleano que especifica si la palabra original está en mayúsculas, un booleano que especifica si la palabra original comienza con mayúsculas (primer carácter, que determina que es un título), un booleano que especifica si la palabra original tiene solo dígitos, la etiqueta pos (parte del discurso) de la palabra, y los dos primeros caracteres de la etiqueta pos. Si la palabra no es la primera del documento, entonces se extraen características adicionales: la palabra anterior en minúscula, un booleano especificando si la palabra anterior es un título (como se explica en el párrafo anterior), un booleano especificando si el anterior la palabra está en mayúsculas, la etiqueta pos de la palabra anterior, y los dos primeros caracteres de la etiqueta pos de la palabra anterior. Si la palabra no es la última del documento, se extraen las siguientes características adicionales: la siguiente palabra en minúsculas, un booleano que especifica si la siguiente palabra es un título, un booleano que especifica si la siguiente palabra está en mayúsculas, etiqueta pos de la siguiente palabra, y los dos primeros caracteres de la etiqueta pos de la siguiente palabra.

4.3. Extracción de oraciones a partir de palabras claves

El objetivo principal de esta fase es extraer cada una de las frases que tenga la palabra clave seleccionada. Ejemplo: el documento A tiene como palabra clave la palabra “perro”, todas las frases del documento A que contiene la palabra “perro” son extraídas y asociadas con la palabra clave.

4.4. Determinación de polaridades

Polaridad de las oraciones: Para calcular la polaridad de una oración, Senticnet 5 se utiliza como base de conocimiento. Ofrece un valor de polaridad por término, y contiene aproximadamente 100.000 términos. Todos los términos que aparecen en una oración se pasan por Senticnet 5, y se obtienen sus valores de polaridad. Luego, estos valores se promedian para definir la polaridad de la oración.

Polaridad de palabras clave: las polaridades de las oraciones donde aparecen las palabras clave se promedian por palabra clave, con el fin de obtener una sola polaridad por cada palabra clave.

Polaridad de los documentos: Para cada documento, la polaridad de cada palabra clave se promedia considerando el peso de cada palabra. Estos pesos por palabra vienen

dados por la relevancia de las palabras claves en el documento, dadas por la técnica específica utilizada (solo para LDA y BM25). En el caso de CRF no se tiene relevancia de palabras clave, entonces se realiza un promedio simple. El resultado final es la polaridad del documento.

4.5. Otras extensiones

Se evalúan otras dos modificaciones a nuestro esquema general, para valorar su desempeño:

palabras clave sin contexto: Senticnet 5 proporciona el cálculo de la polaridad de cada palabra clave, y estas polaridades se promedian para determinar la relevancia de la palabra clave. Este enfoque ignora el contexto en el que aparece la palabra clave.

Palabras clave usando sus sinónimos: Un problema con el enfoque anterior es que muchas palabras claves no están presentes en Senticnet. Por lo tanto, se determinan sinónimos para las palabras claves, y se toma el primer sinónimo que aparece en Senticnet en lugar de la palabra clave original. Para determinar los sinónimos se utiliza WordNet (Kim et al., 2010).

5. Resultados

Hoy en día, hay muchos conjuntos de datos de comentarios etiquetados con sus polaridades; sin embargo, el enfoque de este artículo no es la extracción de polaridad de los comentarios, sino del contenido de los recursos. No hay muchos conjuntos de datos de contenidos etiquetados con sus polaridades; de hecho, solo se encontró un conjunto de datos. Este conjunto de datos está formado por twitters etiquetados con sus polaridades (positivas o negativas), llamado Sentiment140 (Go et al., 2016). Aunque los tweets son una especie de comentario, este fue el conjunto de datos más adecuado que se encontró. El conjunto de datos contiene un total de 1.600.000 tweets etiquetados, y después del preprocesamiento solo se utilizaron 133.791.

La evaluación se realiza con métricas supervisadas típicas. En este caso, se calcularon tres métricas: ROC-AUC, f1 y exactitud. Para estas métricas, un valor grande significa un mejor rendimiento y 1.0 es un clasificador perfecto. Un valor bueno para estas métricas estaría por encima de 0.8. Como es un problema de clasificación binario, un modelo que seleccionase al azar obtendría un 50% de exactitud. Los resultados de los experimentos con este conjunto de datos se pueden ver en la Tabla 1.

Experimento	Técnica	ROC AUC	F1	Exactitud
Propuesto	BM25	0.533	0.6602	0.5363
	LDA	0.5318	0.6646	0.5362
	CRF	0.532	0.6608	0.5358
Solo palabras clave	BM25	0.5411	0.5858	0.5382
	LDA	0.5	0.6739	0.5082
	CRF	0.5532	0.6267	0.5559

Experimento	Técnica	ROC AUC	F1	Exactitud
Solo palabras	BM25	0.5408	0.5821	0.5381
Clave + sinónimos	LDA	0.5	0.6739	0.5082
	CRF	0.5493	0.6215	0.5517

Tabla 1 – Resultados con el conjunto de datos Sentiment140 para los tres experimentos

Como los tweets son muy cortos (140 o 280 caracteres como máximo), contienen pocos tokens luego del preprocesamiento. Por lo tanto, las palabras clave extraídas podrían no ser las palabras claves verdaderas porque con pocos tokens la ley zipf es difusa. De esta manera, se utilizó otro conjunto de datos de comentarios, con fines de comparación. El conjunto de datos utilizado es movie data review (Pang & Lee, 2004), que contiene 1000 comentarios negativos y 1000 comentarios positivos de películas. Los resultados con este conjunto de datos se presentan en la Tabla 2.

Los resultados son muy similares, independientemente de las técnicas utilizadas, la forma de utilizar las palabras clave durante el proceso de polarización, o el conjunto de datos utilizado. Esos resultados del método de polarización propuesto pueden deberse a varias razones: las técnicas usadas no son buenas para la extracción de palabras claves; la base de conocimiento usada (Senticnet) no brinda buena información para llevar a cabo esta tarea; usar las palabras clave tradicionales no es el método adecuado para analizar la polaridad de un documento; o se requieren textos más largos para realizar un análisis correcto de un texto.

Dado que en otros trabajos se han logrado buenos resultados usando Senticnet (Dragoni, 2019; Satapathy et al., 2019), buenas clasificaciones con estos conjuntos de datos (Vashishtha & Susan, 2019; Zhang et al., 2019), o buenos resultados usando textos cortos para extraer polaridad (Satapathy et al., 2017, 2019), se considera que la razón principal de estos resultados es que las palabras claves tradicionales no son buenas fuentes de información afectiva, y no ayudan mucho al proceso de clasificación de polaridad de textos en general. Una segunda razón para estos resultados es la síntesis de información de cada término de un documento. En nuestra propuesta, esto se lleva a cabo mediante promedios ponderados, pero se podría ensayar con técnicas más sofisticadas que resuman esta información de mejor manera, o bien mediante modelos analíticos que permitan una entrada de longitud dinámica y predigan la polaridad de esta entrada.

Experimento	Técnica	ROC AUC	F1	Exactitud
Propuesto	BM25	0.5045	0.6687	0.5048
	LDA	0.5	0.6669	0.5002
	CRF	0.499	0.6646	0.4992
Solo palabras Clave	BM25	0.5073	0.5799	0.5036
	LDA	0.5	0.6669	0.5002
	CRF	0.5182	0.642	0.519

Experimento	Técnica	ROC AUC	F1	Exactitud
Solo palabras	BM25	0.5049	0.571	0.5014
Clave +	LDA	0.5	0.6669	0.5002
Sinónimos	CRF	0.5151	0.6372	0.5153

Tabla 2 – Resultados con el conjunto de datos Movie review para los tres experimentos

6. Análisis y conclusiones

La mayor parte de las investigaciones en el análisis de sentimientos se centran en la clasificación de opiniones, comentarios, etc., y se han realizado pocas investigaciones sobre el análisis de los contenidos de los textos para identificar el sentimiento general en un documento. El objetivo de este trabajo es proponer un procedimiento para analizar la polaridad de los documentos. Comparamos tres métodos para extraer las palabras clave de los textos. La calidad de los resultados es similar entre ellos, independientemente del conjunto de datos utilizado. Se ha logrado el objetivo de crear un identificador automático de la polaridad del texto, independiente del dominio y del tipo de texto, utilizando enfoques de aprendizaje automático para extraer las palabras clave utilizadas durante el proceso.

La fuente usada son tweets, los cuales son muy cortos, en muchas ocasiones constan de una sola oración, y la unidad óptima para la identificación de polaridad en un documento es un párrafo, es decir, un conjunto de varias oraciones conectadas semánticamente (Pajupuu et al., 2016). Eso genera varios problemas. Por ejemplo, es posible que una sola oración no contenga las palabras del diccionario de polaridad y, por lo tanto, la oración no se puede clasificar. Un análisis más detallado debería ampliar el experimento con bases de datos con documentos con muchos párrafos. Otro trabajo es utilizar la polaridad de un texto como la predicción de su efecto en el lector, para determinar su impacto (por ejemplo, en un proceso de aprendizaje). Una de las limitaciones del presente trabajo es la inexistencia de conjuntos de datos de documentos etiquetados con su polaridad, la mayoría de conjuntos de datos etiquetados con su polaridad son de comentarios. Los próximos estudios deben considerar conjuntos de datos de documentos etiquetados con su polaridad.

Varios trabajos se han basado en detectar las palabras emocionales claves de los textos, pero no en las palabras claves tradicionales para calcular la polaridad del mismo. Con esta investigación se busca evaluar la efectividad de las palabras claves de un documento para calcular su polaridad sentimental, sin embargo, nuestro trabajo ofrece evidencia de que las palabras claves de un documento, las cuales representan una gran cantidad de información semántica acerca de los temas tratados en el texto, no contienen gran cantidad de información afectiva, y no son lo suficientemente buenas para representar el sentimiento que conlleva implícitamente el texto, siendo este el hallazgo más relevante de la investigación.

Finalmente, nuestro procedimiento para determinar la polaridad debe mejorarse usando conceptos del dominio de la "computación sentica" (Cambria et al., 2017); de la

computación semántica que utiliza modelos simbólicos como redes semánticas y mapas cognitivos (Aguilar, 2013) para codificar el significado (Sánchez et al., 2019); y métodos sub-simbólicos, como las redes neuronales profundas, para inferir patrones sintácticos a partir de datos. La combinación de estos modelos simbólicos y sub-simbólicos introducen tres novedades (Cambria et al., 2017): i) un enfoque multidisciplinario que se basa en el uso concomitante de técnicas de IA, Web Semántica, entre otros dominios, para la representación del conocimiento, el razonamiento, la reducción de dimensionalidad, etc. ii) Un análisis semántico más que un análisis de sintaxis, que es más que un simple recuento de frecuencias de co-ocurrencia de palabras en un texto, para preservar el significado de expresiones de varias palabras; y finalmente, iii) Un análisis lingüístico basado en la relación de dependencia entre cláusulas. De esta manera, la computación sentica adopta un enfoque holístico para la comprensión del lenguaje natural, usando tres capas que manejan tareas como detección de subjetividad, reconocimiento de entidades, reconocimiento de personalidad, entre otros aspectos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el proyecto 64366: "Contenidos de aprendizaje inteligente a través del uso de herramientas de Big Data, Analítica Avanzada e IA"- Ministerio de Ciencia – Gobernación de Antioquia - República de Colombia.

Referencias

Aguilar, J, & Terán, O. (2016). *Social Media and Free Knowledge: Case Study – Public Opinion Formation* In *Politics and Social Activism: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 433-466). IGI Global

Aguilar, J. (2013). Different dynamic causal relationship approaches for cognitive maps. *Applied Soft Computing*, *13*(1), 271–282. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.08.037

Aguilar, J, Salazar, C., Velasco, H., Monsalve-Pulido, J., & Montoya, E. (2020). Comparison and Evaluation of Different Methods for the Feature Extraction from Educational Contents. *Computation*, *8*(2), 30.

Cambria, E, Poria, S., Gelbukh, A., & Thelwall, M. (2017). Sentiment Analysis Is a Big Suitcase. *IEEE Intelligent Systems*, *32*(06), 74–80.

Cambria, E., Poria, S., Hazarika, D., & Kwok, K. (2018). SenticNet 5: Discovering conceptual primitives for sentiment analysis by means of context embeddings. In *Proceedings Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence*.

Dragoni, M. (2019). An evolutionary strategy for concept-based multi-domain sentiment analysis. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, *14*(2), 18–27.

Go, A., Bhayani, R., & Huang, L. (2016). Sentiment140. *Site Functionality, 2013c. URL Http://Help. Sentiment140. Com/Site-Functionality. Abruf Am*, *20*.

Kechaou, Z., Ammar, M. Ben, & Alimi, A. M. (2011). Improving e-learning with sentiment analysis of users' opinions. In *Proceedings IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, (pp. 1032–1038).

Kim, S. N., Medelyan, O., Kan, M.-Y., & Baldwin, T. (2010). Semeval-2010 task 5: Automatic keyphrase extraction from scientific articles. In *Proceedings 5th International Workshop on Semantic Evaluation*, (pp. 21–26).

Lafferty, J. D., McCallum, A., & Pereira, F. C. N. (2001). Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data. In *Proceedings 18th International Conference on Machine Learning*, 282–289.

Lin, Y., Zhang, J., Wang, X., & Zhou, A. (2012). An Information Theoretic Approach to Sentiment Polarity Classification. In *Proceedings 2nd Workshop on Web Quality*, (pp. 35–40).

Monsalve-Pulido, J., Aguilar, J., Montoya, E., & Salazar, C. (2020). Autonomous Recommender System Architecture for Virtual Learning Environments. *Applied Computing and Informatics*. https://doi.org/10.1016/j.aci.2020.03.001

Ortigosa, A., Martin, J. M., & Carro, R. M. (2014). Sentiment analysis in Facebook and its application to e-learning. *Computers in Human Behavior*, *31*, 527–541.

Pajupuu, H., Altrov, R., & Pajupuu, J. (2016). Identifying polarity in different text types. *Folklore: Electronic Journal of Folklore*, *64*, 126–138.

Pang, B., & Lee, L. (2004). A Sentimental Education: Sentiment Analysis Using Subjectivity Summarization Based on Minimum Cuts. In *Proceedings 42nd Annual Meeting on Association for Computational Linguistics*

Poria, S., Cambria, E., Hussain, A., & Huang, G.-B. (2015). Towards an intelligent framework for multimodal affective data analysis. *Neural Networks*, *63*, 104–116. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.10.00

Ravichandran, M., & Kulanthaivel, G. (2014). Twitter Sentiment Mining (TSM) framework based learners emotional state classification and visualization for e-learning system. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, *69*(1).

Robertson, S., & Zaragoza, H. (2009). The Probabilistic Relevance Framework: BM25 and Beyond. *Found. Trends Inf. Retr.*, *3*(4), 333–389. https://doi.org/10.1561/1500000019

Sánchez, H., Aguilar, J., Terán, O., & de Mesa, J. G. (2019). Modeling the process of shaping the public opinion through Multilevel Fuzzy Cognitive Maps. *Appl. Soft Comput.*, *85*. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105756

Satapathy, R., Guerreiro, C., Chaturvedi, I., & Cambria, E. (2017). Phonetic-based microtext normalization for twitter sentiment analysis. In *Proceedings IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*, (pp. 407–413).

Satapathy, R., Singh, A., & Cambria, E. (2019). Phonsenticnet: A cognitive approach to microtext normalization for concept-level sentiment analysis. *International Conference on Computational Data and Social Networks*, 177–188.

Susanto, Y., Livingstone, A. & Cambria, E. (2020). *The Hourglass Model Revisited. IEEE Intelligent Systems, 35, 96-102.*

Taboada, M., & Mann, W. C. (2006). Rhetorical Structure Theory: looking back and moving ahead. *Discourse Studies*, *8*(3), 423–459. https://doi.org/10.1177/1461445606061881

Terán Oswaldo; Aguilar, J. (2018). Modelo del proceso de influencia de los mdios de comunicación social en la opinión pública. *Educere*, *71*, 179–191.

Vashishtha, S., & Susan, S. (2019). Fuzzy rule based unsupervised sentiment analysis from social media posts. *Expert Systems with Applications*, *138*, 112834.

Zhang, Y., Song, D., Zhang, P., Li, X., & Wang, P. (2019). A quantum-inspired sentiment representation model for twitter sentiment analysis. *Applied Intelligence*, *49*(8), 3093–3108.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/10/2020
Aceitação/Acceptance: 28/12/2020

Comportamiento del algoritmo RSA en diferentes en diferentes arquitecturas computacionales

Nelson Darío Pantoja[1], Siler Amador Donado[2], Katerine Márceles Villalba[3], Sonia Ximena Moreno[4]

dariopantoja@unimayor.edu.co[1]; samador@unicauca.edu.co[2]; kmarceles@unimayor.edu.co[3]; sonia.moreno@unad.edu.co[4]

[1, 3] Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[2] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Carrera 2 #4N-140, 190003, Popayán- Cauca, Colombia

[4] Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional abierta y a Distancia – UNAD , Calle 14 sur No. 14 - 23, 110111, Bogotá-Cundinamarca, Colombia

Pages: 358-369

Resumen: El presente artículo evidencia el proceso de ruptura de llaves RSA con métodos de factorización sobre diferentes arquitecturas computacionales. Estableciendo diferencias en cuestión de Tiempo y consumo de memoria RAM. El problema de éste trabajo consiste en el costo computacional reflejado en la factorización de las llaves RSA, puesto que este sistema criptográfico basa su seguridad en la factorización de números enteros demasiado grandes. No obstante, con el desarrollo de éste se pretende mostrar los costos computacionales en las arquitecturas más conocidas para realizar ataques de factorización haciendo uso de las mismas. La metodología empleada fue con enfoque experimental dividida en 3 fases y basada en revisión bibliográfica para fundamentar teóricamente el desarrollo con los recursos y fuentes encontradas de diversos autores. Los resultados obtenidos son fruto del trabajo experimental para brindar la información necesaria a la solución del problema. La principal conclusión corresponde a la efectividad de la arquitectura x86 frente a ARM puesto que ésta, realiza con mayor eficiencia los procesos de factorización.

Palabras-clave: Criptoanálisis, Placa sencilla de computador-SBC, RSA, Scripts, Seguridad.

RSA algorithm behavior in different in different computational architectures

Abstract: This article shows the process of breaking RSA keys with factorization methods in different computational architectures. Establishing differences in a matter of Time and RAM. The problem of this work consists in the computational cost reflected in the factorization of the RSA keys, since this cryptographic system bases its security on the factorization of too large integers. However, with the

development of this it is intended to show the computational costs in the best-known architectures to perform factorization attacks using them. The methodology used was with an experimental approach divided into 3 phases and based on a bibliographic review to theoretically support the development with the resources and sources found by various authors. The results obtained are the result of experimental work to provide the necessary information to solve the problem. The main conclusion corresponds to the effectiveness of x86 architecture against ARM since it performs factorization processes more efficiently.

Keywords: Cryptanalysis, Single board computer-SBC, RSA, Scripts, Security.

1. Introducción

La seguridad informática en lo que respecta a la criptografía se ha convertido en un área protagonizada por quienes publican, resguardan información y aquellos que intentan acceder a ella con algún propósito, lo cual ocurre desde las primeras técnicas criptográficas que datan del siglo V a.C. Esta situación en la actualidad se ve reflejada con la implementación de técnicas de cifrado cada vez más complejas a tal punto de establecer algoritmos que para ser descifrados se necesitan sistemas de cómputo que aún no existen.

En la actualidad el algoritmo RSA es uno de los más seguros y esto lo debe al empleo de una clave de cifrado numérica bastante grande, estas claves se generan al multiplicar dos números primos cuyo resultado deriva en claves que sobrepasan los 300 bits o 100 dígitos escogidos al azar (M. Preetha, 2013). No obstante, ya se han establecido medidas de tiempo y eficiencia de criptoanálisis sobre este sistema criptográfico, cuya solidez radica en la dificultad de factorizar números especialmente grandes, estas medidas se han obtenido gracias a las pruebas realizadas en sistemas de cómputo tradicionales (Yan, 2008).

Es importante tener en cuenta algunos aspectos que fueron importante para el desarrollo de éste, como por ejemplo: Un SBC (Single Board Computer) como su nombre lo indica es un sistema computacional en una sola placa (Pajankar, 2017), este contiene todos los componentes básicos de hardware para llevar a cabo tareas designadas a sistemas tradicionales de cómputo, con la conveniencia de su tamaño y la desventaja de la potencia limitada de sus elementos, por lo que este trabajo busca analizar las características de estos dispositivos y aprovecharlas para implementar una técnica de criptoanálisis eficiente al sistema RSA, siendo este uno de los algoritmos criptográficos más utilizados por el momento, debido a su seguridad; esto radica en el elevado número de bits utilizado actualmente para sus llaves (2048 recomendado) (Maiorano, 2009); aunque para esta investigación se limitó la cantidad de bits con llaves a 360 bits, dado a la complejidad computacional que representan.

Pointcheival, David, en el artículo How to Encrypt Properly with RSA (Pointcheval, 2002), explica que los esfuerzos para realizar el criptoanálisis del algoritmo RSA se realizaron inicialmente en el año 1994 cuando se intentó conectar en red una clave pública de 129 dígitos con 1600 para romper las computadoras con éxito. Más tarde, en el año 1999, una clave de 140 dígitos con 185 computadoras en red se rompió en unos 8.9

años. En el mismo año, fue posible romper una clave de 512 bits con 300 computadoras en red, y desde 2002 se recomendó utilizar claves de 1024 bits, a partir de la mencionada en el artículo se puede medir el alcance del proyecto a realizar y la cantidad de bits a reducir con una llave a 360 teniendo en cuenta los recursos informáticos de los SBC.

En el artículo "The Quadratic Sieve Factoring Algorithm" el reconocido profesor Carl Pomerance explica los fundamentos matemáticos de la técnica de factorización de Criba Cuadrática, la cual se ha demostrado que hasta ahora es la mejor técnica de factorización para números conformados por hasta 110 dígitos (Pomerance, 1985), con lo que dicha técnica se establece como la mejor opción a implementar, al menos hasta los 90 dígitos, pues de ahí en adelante se utiliza Number Field Sieve (NFS) algoritmo de factorización denominado msieve.

Según Maiorano Ariel, define el algoritmo RSA, como el algoritmo de cifrado asimétrico más popular en la actualidad. Creado por Ron Rivest, Adi Shamir y Leonard Adleman y fue publicado en el año 1977. Desde entonces ha resistido un extensivo criptoanálisis a través de los años; pero, en realidad no se ha comprobado matemáticamente que sea seguro; tampoco ha sido comprobado lo contrario (Maiorano, 2009).

El algoritmo RSA establece que para la generación de un par de llaves (llave pública y llave privada), se debe seleccionar dos números primos grandes aleatorios, p y q, y se calcula n como su producto:

$$n = pq$$

La llave de cifrado, e, se elegirá también de manera aleatoria tal que e y (p-1)(q-1) sean primos relativos.

La llave de descifrado d se obtendrá despejando la ecuación:

$$ed \equiv 1 mod(p-1)(q-1)$$
$$d = e^{-1} mod((p-1)(q-1))$$

Los números e y n componen la llave privada; el número d corresponde a la llave privada; p y q serán descartados pero no revelados.

En el proceso de cifrar un mensaje m, se dividirá en bloques más pequeños que n y cada parte del texto cifrado, c, se obtendrá mediante:

$$m_i = c_i^{\,d} mod(n)$$

Para descifrar, cada parte o bloque del texto cifrado se tomará para calcular:

$$c_i = m_i^{\,e} mod(n)$$

A partir de lo anterior, se muestra la complejidad que tiene el algoritmo por lo que se hace necesario mencionar al Doctor Matemático Hugo Scolnik, quien es uno de los principales líderes en la investigación de factorización entera, con su ponencia para descifrar el sistema criptográfico RSA. Scolnik asegura no necesitar ordenadores cuánticos ni el algoritmo de Peter Shor para romper las claves del mencionado sistema; es más en uno de sus documentos titulado "Fundamentos matemáticos del método RSA", menciona que si la cantidad de bits es 512 los años para factorizar serían 30.000 suponiendo que se ejecuten 1.000.000 de instrucciones por segundo en una máquina de computo (Hugo Daniel Scolnik, 2004), mientras el investigador Jon Erickson, en su libro "The Art Of Explotation" (Erickson, 2008), el cual se basa en la premisa de Peter Shor quién demostró con la computación cuántica y su algoritmo, el cual mejora la factorización en tiempo polinomial menciona que RSA era un sistema criptográfico arcaico, pero la computación cuántica es una tecnología que no está instaurada completamente, por lo cual no resulta ser una solución factible hoy en día. La Información detallada en estas investigaciones aporta datos de Criptoanálisis a RSA realizados en distintos contextos utilizando diferentes herramientas, permitiendo el soporte en los datos mencionados en la presente investigación.

Lo anterior, fue solo algunos antecedentes importantes a tener en cuenta, para la realización del estudio del comportamiento del algoritmo RSA en diferentes plataformas de hardware, el cual resulta interesante conocer e identificar si realmente el consumo de la unidad de procesamiento central (CPU), memoria RAM y el tiempo es un aspecto variable que influye en el proceso de factorización y rompimiento de las llaves.

2. Metodología

Todo proceso de investigación que se realiza debe hacerse a través de una metodología, por ello se seleccionó una metodología de tipo experimental, entendiendo ésta como un proceso que se utiliza para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos o en su defecto corregir conocimientos previos (Rodríguez, 2019), en este sentido se definieron unas fases para lograr el objetivo. A continuación se presentan éstas:

Fase 1: Definir los tipos de arquitecturas computacionales para la realización del proceso de factorización.

Para ello se definieron las arquitecturas más comunes que son con procesadores x86 de tipo CISC, se destacan por su capacidad de optimizaciones mientras ejecuta las aplicaciones lo que permite mejorar el rendimiento en cuanto al tiempo, mientras la arquitectura ARM se caracteriza por ser un modelo de procesador de tipo RISC, este tipo de arquitectura se ha convertido muy popular, alrededor del 75% de los procesadores de 32 bits poseen este chip en su núcleo, dada a la simplicidad de este tipo de procesadores hace que el gasto energético sea muy bajo, su rendimiento, tamaño y bajo consumo de energía. Actualmente es muy utilizado en dispositivos de tipo SBC, en este caso se seleccionó un Raspberry Pi 3 modelo b+ (Zúñiga, 2014), por sus características en hardware, bajo costo y capacidad en procesamiento de memoria RAM y en lo que

respecta a la arquitectura x86 se empleó un computador portátil de uso doméstico para las pruebas de factorización. En cuanto al algoritmo de factorización que se utilizó fue Cado-nfs, este es basado en la criba general del cuerpo de números.

Fase 2: Calcular el rendimiento de factorización en las diferentes arquitecturas ARM y X86.

Esta fase comprende el desarrollo de la experimentación del algoritmo en las dos arquitecturas propuestas, lo cual evidenciará el resultado de la factorización correspondiente de cada una de las factorizaciones a nivel de tiempo, como se evidenciará en el apartado de experimentación. Esto con el fin de identificar si las arquitecturas de los procesadores influyen en el proceso de factorización en cuanto a su rendimiento o definitivamente el proceso es realizado de manera normal.

Fase 3: Analizar el comportamiento del algoritmo RSA sobre 360 bits.

La fase 3 resume el análisis de lo efectuado en el proyecto. Constituye el análisis y conclusiones con respecto a los resultados obtenidos frente a la experimentación de factorización de las arquitecturas propuestas. Cabe anotar que los resultados de dicha fase se encuentran seguidamente en el apartado de experimentación, el cual comprende un análisis de los datos obtenidos.

3. Resultados

Experimentación: La experimentación fue realizada en un equipo ARM SBC Raspberry pi 3 modelo B+, junto con un equipo doméstico portátil de arquitectura x86. Se requirió necesario construir dataset con llaves a partir de 300, 320, 340 y 360 bits. A continuación, se observa el comportamiento de la factorización en la arquitectura ARM:

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	171.59646	80
2	159.35035	88
3	170.2946	90
4	173.42672	80
5	145.25624	82
6	138.4034	88
7	148.4034	90
8	193.1365	87
9	135.40193	88
10	127.44141	80

Fuente: Propia del autor

Tabla 1 – Tiempo y Ram - Factorización 300 bits

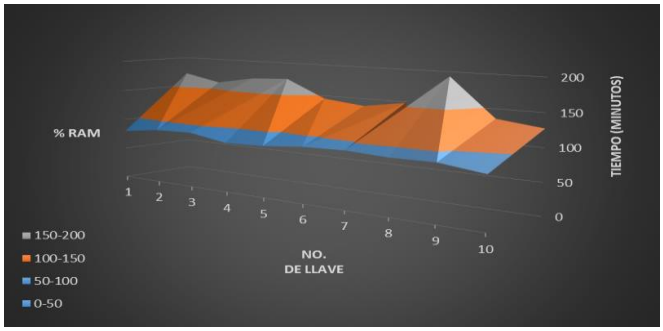


Figura 1 – Factorización llaves de 300 bits - Raspberry pi 3 modelo B+
Fuente: Propia del autor

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	322.0422	98
2	427.10172	99
3	348.8785	99
4	353.12761	98
5	490.3196	100
6	318.438	100
7	286.38612	99
8	274.42991	98
9	389.42373	97
10	247.46888	100

Fuente: Propia del autor

Tabla 2 – Tiempo y Ram - Factorización 320 bits

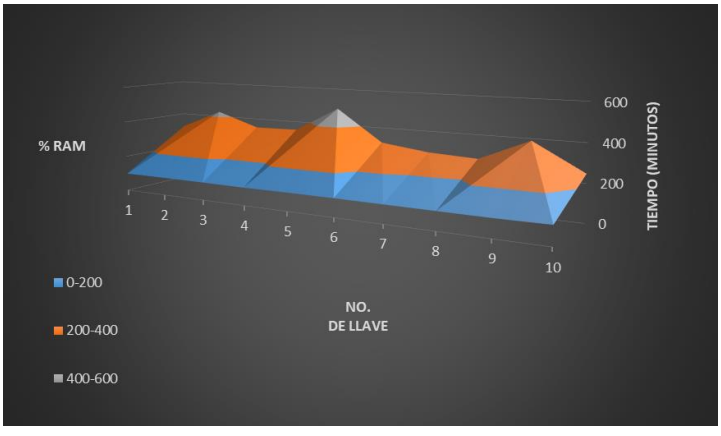


Figura 2 – Factorización llaves 320 bits - Raspberry pi 3 modelo B+
Fuente: Propia del autor

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	807.12597	100

Fuente: Propia del autor

Tabla 3 – Tiempo factorización 340 bits

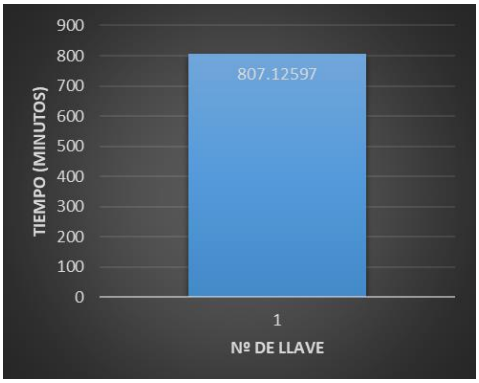


Figura 3 – Factorización llave 340 bits - Raspberry pi 3 modelo B+
Fuente: Propia del autor

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	910	100

Fuente: Propia del autor

Tabla 4 – Tiempo factorización 360 bits

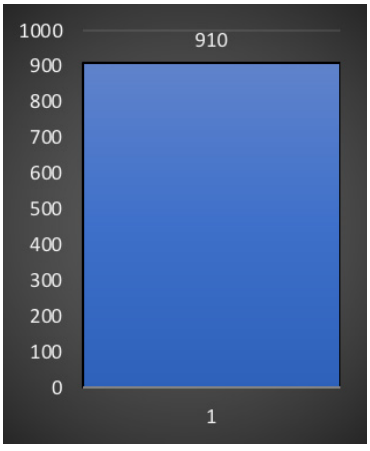


Figura 4 – Factorización llave 360 bits - Raspberry pi 3 modelo B+
Fuente: Propia del autor

Como se puede observar en la tablas y figuras anteriores, en la medida que van subiendo el tamaño de las llaves el consumo de tiempo y de memoria RAM es mayor, llegando a evidenciarse que a partir de una llave de 340 bits su consumo de tiempo y RAM aumentan considerablemente hasta en un 100%. Por tal motivo, la arquitectura del procesador de tipo ARM evidencia incremento exponencial en cuestión de tiempo al momento de realizar la factorización de las llaves. En la llave de 360 bits se muestra un tiempo de factorización de 910 minutos aproximadamente, esto traduce alrededor de 15 horas de tiempo y consumo total de RAM por parte de un solo dispositivo SBC.

Ahora se visualiza el comportamiento del mismo dataset junto con llaves de hasta 360 bits en la arquitectura x86:

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	12.4532	10
2	8.3312	9
3	10.9822	9
4	7.2238	8
5	8.9867	8
6	7.8845	9
7	8.3781	10
8	8.8932	9
9	9.2256	8
10	10.2367	8

Fuente: Propia del autor

Tabla 5 – Tiempo y Ram - Factorización 300 bits x86

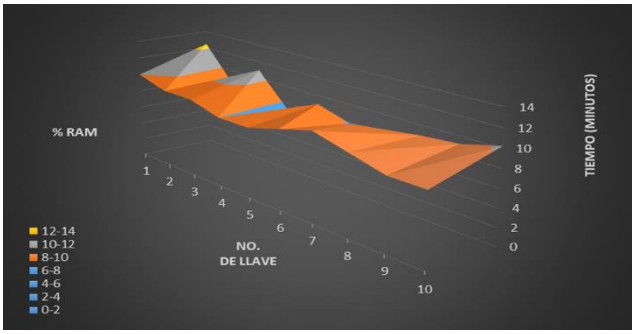


Figura 5 – Factorización llaves de 300 bits - x86
Fuente: Propia del autor

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	22.3443	11
2	22.3212	12
3	20.7855	11
4	21.5634	10
5	21.9009	11
6	23.7877	12
7	20.1221	10
8	21.1378	10
9	22.9041	11
10	20.1803	12

Fuente: Propia del autor

Tabla 6 – Tiempo y Ram - Factorización 320 bits x86

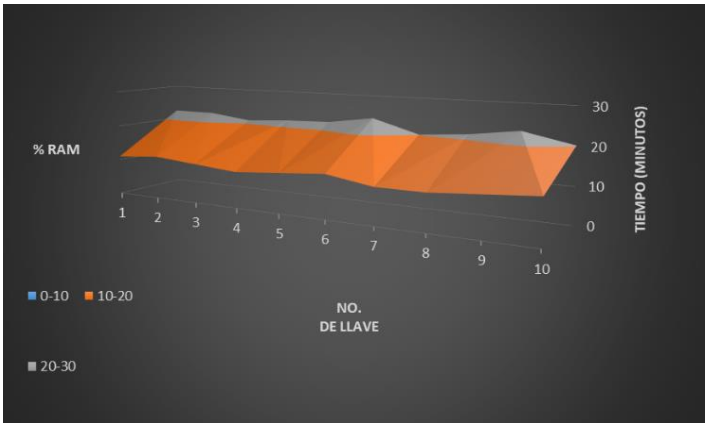


Figura 6 – Factorización llaves de 320 bits - x86
Fuente: Propia del autor

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	230.4564	15
2	230.8957	14
3	243.4433	12
4	241.5051	15
5	260.3489	12
6	230.4533	14
7	245.4789	13

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
8	253.0099	15
9	245.0012	15
10	256.0192	12

Fuente: Propia del autor

Tabla 7 – Tiempo y Ram - Factorización 340 bits x86

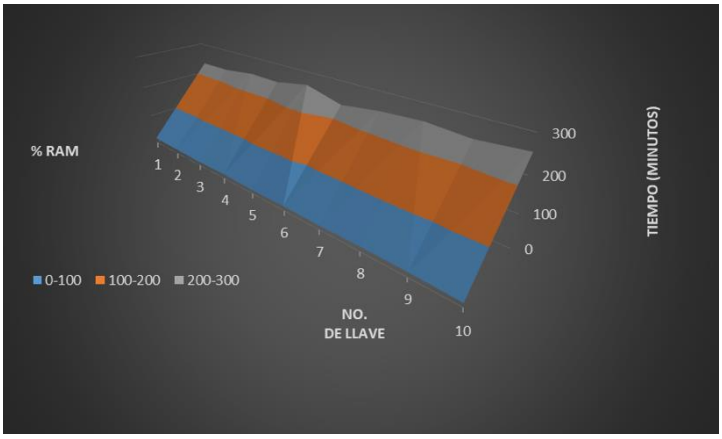


Figura 7 – Factorización llaves de 340 bits - x86
Fuente: Propia del autor

Llave Nº	Tiempo (Minutos)	%Ram
1	725.4598	15
2	750.0092	17
3	742.1327	18
4	752.3565	18
5	730.9093	16
6	741.6512	20
7	751.3284	18
8	742.8721	17
9	729.0721	16
10	733.9631	18

Fuente: Propia del autor

Tabla 8 – Tiempo y Ram - Factorización 360 bits x86

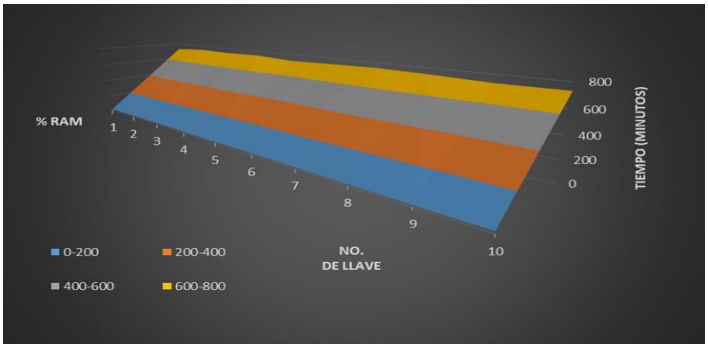


Figura 8 – Factorización llaves de 360 bits - x86
Fuente: Propia del autor

Como es notoriamente visible en las diferentes arquitecturas con el mismo conjunto de datos, se evidencia que la arquitectura con procesador x86 puede procesar con mayor eficiencia la factorización de llaves RSA.

Lo anterior, de muestra que la arquitectura x86 supera el límite tanto en tiempo como en consumo de recurso de RAM, frente a un dispositivo SBC como es el Raspberry pi 3 modelo B+ con arquitectura ARM, cuyo tiempo de factorización para tan solo una llave de 340 bits oscilaba las 13 horas y una llave de 360 bits se encuentra alrededor de 15 horas, tiempo que es descartado puesto que la arquitectura x86 puede simplificar el proceso de factorización de llaves, incluso llegar a la factorización de llaves de al menos 360 bits en un tiempo cercano a 12 horas, pero con un consumo promedio de memoria RAM de un 17 %, lo cual demuestra que el proceso de factorización en cuanto a tiempo es muy similar frente a la arquitectura ARM; sin embrago, el esfuerzo frente al consumo de memoria RAM es muy deficiente por lo que se sugiere y demuestra un mejor rendimiento con la arquitectura X86.

4. Agradecimientos

Agradecimientos a la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca y al grupo de investigación I+D en Informática de la Facultad de Ingeniería, a la Universidad del Cauca a su grupo de investigación GTI y al grupo de investigación Byte Design de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto.

5. Conclusiones

La principal observación dentro del proceso realizado es el factor tiempo, el cual marca grandes diferencias. La arquitectura computacional ARM no responde eficientemente a comparación de la x86, puesto que la x86 realizaba las labores de factorización con menor tiempo que la ARM. Igualmente, el factor de consumo de memoria RAM en

ambas arquitecturas es notable, ya que en la arquitectura x86 no se evidencia un alto consumo de RAM a comparación de la arquitectura ARM.

Se observa de igual forma que los dispositivos SBC son limitados en recursos computacionales para realizar las labores de factorización cuando las llaves RSA alcanzan los 360 bits; todo esto se debe a que el tiempo de factorización en ambos equipos es exponencial según se evidencia en las gráficas de resultados de los respectivos dataset.

Referencias

Erickson, J. (2008). *The art of exploitation*. San Francisco: No starch press.

Hugo Daniel Scolnik, J. P. (2004). *Fundamentos de computación cuántica*.

Maiorano, A. (2009). *Criptografía: técnicas de desarrollo para profesionales*. Alfaomega.

M. Preetha, M. N. (2013). A STUDY AND PERFORMANCE ANALYSIS OF RSA ALGORITHM. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 2*(6), 126-139.

Pajankar, A. (2017). *Raspberry Pi Image Processing Programming - Develop Real-Life Examples with Python, Pillow, and SciPy*. press.

Pomerance, C. (1985). The quadratic sieve factoring algorithm. *In advances in cryptology - Proceeding of Eurocrypt 84, 209*, 169-182.

Pointcheval, D. (2002). How to Encrypt Properly with RSA. *RSA Laboratories' CryptoBytes, 5*(1), 9-19.

Rodríguez, D. (2019). *Método experimental: características, etapas, ejemplo*. (D. Rodríguez, Productor) Recuperado el 09 de 2020, de Lifeder.com - Ciencia: https://www.lifeder.com/metodo-cientifico-experimental/

Yan, S. Y. (2008). *Cryptanalytic Attacks on RSA*. (https://doi:10.1007/978-0-387-48742-7, Ed.) Springer US.

Zúñiga, A. F. (2014). *Estudio Comparativo de las capacidades de Intel y ARM*. Trabajo de fin de carrera, Universidad Carlos III de Madrid, Ingeniería, Madrid. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/30316997.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/10/2020
Aceitação/Acceptance: 19/12/2020

Factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero

Alfonso Infante-Moro[1], Juan C. Infante-Moro[1], Julia Gallardo-Pérez[1]

alfonso.infante@decd.uhu.es; juancarlos.infante@decd.uhu.es; julia.gallardo@decd.uhu.es

[1] Departamento de Economía Financiera, Contabilidad y Dirección de Operaciones, Universidad de Huelva, 21071, Huelva, España.

Pages: 370-383

Resumen: La personalización de la experiencia de los clientes es una de las cosas más buscadas a día de hoy en el sector hotelero y el factor más influyente en dicha personalización es el Internet de las Cosas. Muchos hoteles están apostando por su adopción, pero todavía queda otra gran parte que no lo está haciendo. Así, con este estudio, realizado a través del método Delphi y basado en el juicio de expertos en tecnologías y hoteles, se han localizado los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero y sus grados de influencia en esta decisión, lo que puede servir de gran ayuda a los gerentes de hoteles a la hora de decidir optar por su implementación o no y a la hora de tomar estrategias en la dirección por su implementación.

Palabras-clave: Internet de las Cosas; Sector hotelero; Adopción; Implementación; Factores.

Factors that influence the adoption of the Internet of Things in the hotel sector

Abstract: The personalization of the customer experience is one of the most sought after things in the hotel industry today and the most influential factor in such personalization is the Internet of Things. Many hotels are betting on its adoption, but there is still another large part that is not doing so. Thus, with this study, carried out through the Delphi method and based on the judgment of experts in technologies and hotels, the factors that influence the adoption of the Internet of Things in the hotel sector and their degrees of influence on it have been located. decision, which can be of great help to hotel managers when deciding whether to opt for its implementation or not and when making strategies in the direction of its implementation.

Keywords: Internet of Things; Hotel sector; Adoption; Implementation; Factors.

1. Introducción

Entre las últimas tendencias tecnológicas, dentro del sector hotelero, se encuentra despuntando últimamente la aplicación del Internet de las Cosas en los servicios hoteleros. Esta tecnología, según el Instituto Tecnológico Hotelero (ITH), será el factor más influyente en la personalización de la experiencia de los clientes, una de las cosas más buscadas a día de hoy por dicho sector, lo que ha hecho que se convierta en la tecnología por la que más hoteleros están apostando (Europa Press, 2018).

El Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés) no es más que un sistema formado por personas y por objetos (o sólo por objetos) que están conectados e interrelacionados con el fin de transferirse datos e información para que los objetos receptores acometan una acción, sin que el ser humano tenga que dar directamente esa orden de transferencia o acometer la misma, convirtiendo a los objetos en objetos inteligentes (Muñoz de Frutos, 2017).

A pesar de la relevancia de la personalización de la experiencia de los clientes dentro del sector hotelero actual y ser el Internet de las Cosas uno de los factores que más pueden influir en esta personalización y una de las tecnologías por la que más hoteleros están apostando, muchas empresas y hoteles todavía dudan o no están dispuestos a invertir en IoT por diferentes motivos: complejidad, compatibilidad, beneficios, costes, preparación organizacional y seguridad, entre otros (Tu, 2018).

Por eso, y con el fin de que esta tecnología se extienda a hoteles que aún no creen en el éxito de su implementación, este estudio se centra en localizar los factores que influyen en la adopción de esta tecnología en el sector hotelero, lo que puede servir de gran ayuda a los gerentes de hoteles a la hora de decidir optar por su implementación o no.

Para ello, se realiza una revisión bibliográfica que permite exponer una selección y distribución de factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones y que sirve de apoyo en este estudio para afrontar la búsqueda de los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero, y se realiza un estudio Delphi para obtener una visión colectiva de expertos en tecnologías y hoteles que permita identificar los factores involucrados en esta decisión a estudiar partiendo de la distribución alcanzada en la revisión bibliográfica.

En la captación de datos se utiliza la encuesta como instrumento, se realizan encuestas sucesivas a un mismo grupo de expertos previamente elegidos, pretendiendo obtener y depurar los juicios de grupo a través de cada una de estas rondas de encuestas (en las cuales se exponen los resultados alcanzados en cada una de ellas, persiguiendo que los expertos puedan reafirmar o rectificar su opinión en estas rondas y alcanzar lo más parecido posible a un consenso de cuáles son los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero).

En la siguiente sección se contextualiza a través de una revisión literaria la transformación digital en las empresas y en los hoteles y el uso del Internet de las Cosas en el sector hotelero, y se expone una selección y distribución de factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones. Se continúa con la metodología utilizada en este estudio y el análisis de los resultados, y se

concluye señalando cuáles son los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero.

2. Revisión Literaria

Las tecnologías son más que necesarias a día de hoy, llegaron como un complemento al concepto tradicional de empresa pero se han vuelto imprescindibles en su operativa (García-Peñalvo, 2020; Pacheco-Cortés & Infante-Moro, 2020; Tejero, 2020; Abad-Segura, González-Zamar, de la Rosa & Gallardo-Pérez, 2020; Jaén Arenas, 2019; Morales Salas, Infante-Moro & Gallardo-Pérez, 2019; Sánchez, de Llano Monelos & López, 2016). Su implementación permite un mejor aprovechamiento de los recursos de la empresa en todo departamento e infraestructura en la que se instale, y es que son muchas las aplicaciones y ventajas que aportan a estas organizaciones (Padrón & Méndez, 2018).

Ahora bien, si se habla de esta transformación digital en el sector hotelero, hay que decir que se observa un sector donde la transformación digital es un factor clave para el éxito de sus hoteles y, por tanto, tiene un papel relevante, incluso por encima del papel que juega en el tejido empresarial del resto de sectores (a pesar de ser éste bastante alto) (Infante-Moro, Infante-Moro & Gallardo-Pérez, 2020).

Aún así, casi la mitad de los directivos de los hoteles desconocen la tecnología Internet de las Cosas (IoT), cierto es que estos directivos coinciden con los hoteles de menor categoría y no pertenecen a grandes cadenas hoteleras. Esta tecnología es más conocida por los directivos del sector empresarial en general que por los directivos del sector hotelero, pero en sí todos los directivos que la conocen destacan su importancia en sus empresas (Infante-Moro, Infante-Moro & Gallardo-Pérez, 2020).

Dentro del sector hotelero, algunas de las aplicaciones de este Internet de las Cosas (IoT) son (Hinojosa, 2014):

- Tecnología "wearable" (por ejemplo, gafas inteligentes) que permite identificar y reconocer facialmente si un cliente repite (en cuanto entra en el hotel) y sus preferencias y gustos, para que puedan ofrecerle ofertas personalizadas.
- Minibares conectados que avisan cuando se coge un producto y se necesita recargar. Este dato servirá para futuras visitas del cliente, teniendo preparado sus preferencias en el minibar.
- Gestión de instalaciones, permite gestionar el uso y mantenimiento de instalaciones como las del aire acondicionado, luz y agua, en función de las preferencias del cliente y su presencia o no en la sala, permitiendo a los hoteles un ahorro económico por evitar el uso descontrolado y una mejor satisfacción al cliente por adaptarse a sus preferencias.
- Y Mobile Keys que permiten a los clientes entrar en las habitaciones sin necesidad de llaves, a través de una App instalada en el móvil que, además, avise cuando está disponible la habitación.

Por todo esto, por el desconocimiento del Internet de las Cosas (IoT) entre los directivos de los hoteles, por la importancia que le dan a esta tecnología los directivos que sí la

conocen, porque muchos hoteles todavía dudan o no están dispuestos a invertir en IoT por diferentes motivos y con el fin de que esta tecnología se extienda a hoteles que aún no creen en el éxito de su implementación, este estudio busca encontrar cuáles son los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero, pero antes se realiza una revisión bibliográfica para revisar que se dice en los artículos científicos de las principales bases de datos científicas (Web of Science, Scopus y Google Scholar) sobre las variables y los factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas.

Al realizar dicha revisión, se puede comprobar que los modelos más utilizados para el análisis de la adopción de Tecnologías de la Información (TI) a nivel organizacional son los modelos DOI y TOE, ya que son los modelos que proporcionan una mejor comprensión de las decisiones de adopción de tecnologías de la información, tal y como afirman Oliveira y Martins (2011). Por tanto, tal como hacen estos autores en sus estudios y otras tantos autores en los suyos (González-González, Infante-Moro & Infante-Moro, 2020), se extraerán y se recogerán aquí los factores que los principales estudios relacionados con la adopción de las nuevas tecnologías han señalado, utilizando un método que combine el marco de Tecnología, Organización y Entorno (TOE por sus siglas en inglés) con la teoría de la Difusión de Innovaciones (DOI por sus siglas en inglés).

La teoría DOI postula que hay que considerar cinco factores en la adopción de una innovación: la ventaja relativa, la posibilidad de observación, la compatibilidad, la complejidad y la capacidad de prueba (Oliveira & Martins, 2011).

Y el marco TOE, desarrollado para explorar la adopción de la innovación tecnológica a nivel de organización (Oliveira & Martins, 2010), postula que hay tres elementos en el contexto de una empresa que influyen en el proceso mediante el cual se adoptan e implementan innovaciones tecnológicas: contexto tecnológico, contexto organizacional y contexto ambiental, incluyendo estos contextos tantos factores como los investigadores vean necesarios (pudiendo ser los del DOI algunos de estos) (Tornatzky & Fleischer, 1990).

Además, se le añadirá la seguridad como nuevo contexto, ya que algunas de las mayores barreras para el uso de Internet de las Cosas (IoT) son las preocupaciones de privacidad y seguridad (Weber, 2010), resultando lo que se puede denominar como marco TOES (que tenga en cuenta cuatro contextos: tecnológico, organizacional, ambiental y seguridad).

Por tanto, con esta información y lo recogido en la revisión, se puede crear un listado de factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones, agrupándolos en los cuatros contextos citados anteriormente (Tabla 1).

Contexto Tecnológico
Dentro del contexto Tecnológico se puede sugerir los siguientes cuatro factores, de los que los tres primeros pertenecen a la teoría DOI:
La complejidad
Según Sonnenwald, Maglaughlin y Whitton (2001), La complejidad tecnológica es “el nivel de dificultad percibida de entender y usar la tecnología”. Berman, Kesterson-Townes, Marshall y Srivathsa (2012) afirman que las tecnologías adoptadas deben ser fáciles de usar, fáciles de aprovechar y manejables para aumentar las oportunidades de su adopción.

La compatibilidad

Según Rogers (1995), se puede definir como "el grado en que una innovación se percibe como consistente con los valores actuales, con las necesidades de los adoptantes potenciales y sus experiencias previas.

La ventaja relativa

La ventaja relativa es "el grado en que una innovación es percibida como mejor que la idea que reemplaza" (Rogers, 1995). Por lo tanto, la adopción de una innovación será alentada positivamente si se percibe que sus beneficios tienen ventajas sobre los sistemas y las prácticas existentes (Ekong, Ifinedo, Ayo **&** Ifinedo, 2012).

El coste percibido

El coste percibido es el último de los factores dentro de este contexto tecnológico, aunque independiente de la teoría DOI. El coste percibido se refiere a todo tipo de gastos incurridos por las empresas para la adopción de nuevas tecnologías, como equipos de hardware, software e integración de sistemas (Premkumar, Ramamurthy **&** Crum, 1997).

Contexto Organizacional

En relación al segundo de los contextos, el organizacional, y tras la revisión de la literatura, se puede destacar los siguientes 5 factores:

Las características del líder o gerente

Cerdán (2006) plantea en su estudio tres hipótesis relacionadas con las características del gerente, que son la edad, la formación, y el grado de innovación del gerente; confirmando los resultados que la edad del gerente se encuentra entre los principales facilitadores en la adopción de tecnologías colaborativas, la formación universitaria del gerente entre los factores neutros y la actitud directiva hacia la innovación en un nivel intermedio.

La confiabilidad percibida de la tecnología

La confiabilidad de la tecnología IoT está relacionada con la confianza de su organización en nuevas tecnologías (Tu, 2018).

El soporte de alta gerencia

El grado de apoyo de la alta gerencia juega un papel muy importante en la decisión de adoptar la nueva tecnología (Al-Shura, Zabadi, Abughazaleh **&** Alhadi, 2018). Estudios previos como el de Lin y Chen (2012) o el de Feuerlicht y Govardhan (2010) sobre la adopción de la innovación de tecnologías de la información han demostrado que el soporte de la alta dirección es un factor crítico en la decisión de la organización para la adopción de la nueva tecnología, de forma que sin este apoyo es más probable que las organizaciones no adopten nuevas tecnologías.

El tamaño de la empresa

El tamaño de la empresa es otro factor que puede afectar a la adopción de las tecnologías de la información. Las pequeñas empresas y algunas empresas medianas, a pesar del hecho de que son más adaptables, no están dispuestas a adoptar nuevas tecnologías (Lippert **&** Govindarajulu, 2006). Por el contrario, las grandes empresas tienen más oportunidades que las pequeñas y medianas empresas (Al-Shura, Zabadi, Abughazaleh **&** Alhadi, 2018).

La preparación organizacional tecnológica

La preparación organizacional está definida por Iacovou, Benbasat y Dexter (1995) como "la disponibilidad de los recursos organizativos necesarios para la adopción".

Distintos investigadores como Mehrtens, Cragg y Mills (2001) o To y Ngai (2006) señalan que la preparación tecnológica de las empresas es importante para la adopción de Sistemas de Información (SI) (que incluye**n** las tecnologías) y abarca no solo los activos físicos (infraestructura tecnológica), sino también los recursos humanos especializados.

Contexto Ambiental
En cuanto al tercero de los contextos del marco TOE, el ambiental, algunos investigadores como Mehrtens, Cragg y Mills (2001) afirman que las empresas pueden verse a veces presionadas por sus clientes, socios y competidores para adoptar una innovación en sistemas de información. Dentro de este contexto se va a extraer los siguientes 5 factores:
La presión de los competidores
La presión de los competidores es "el nivel de presión que la empresa puede encontrarse de sus competidores en el mismo ámbito de la industria" (Laforet, 2011).
La presión del socio comercial
La decisión de si adoptar o no una nueva innovación en tecnologías de la información está influenciada por la historia y proyectos pasados de un socio comercial (Gutierrez, Boukrami **&** Lumsden, 2015).
La presión de los clientes
Investigadores como Kula y Tatoglu (2003) afirman que las empresas innovan cuando lo exigen sus clientes.
La presión o incentivos gubernamentales
Los gobiernos pueden desempeñar papeles importantes en el fomento de la adopción del IoT mediante el uso adecuado de regulaciones o mandatos como incentivos para alentar a los participantes a tomar medidas en la implementación de tecnologías del IoT (Tu, 2018).
El soporte de proveedores de Sistemas de Información (SI)
Según autores como Rogers (1995) o Premkumar y Roberts (1999), el soporte de proveedores de sistemas de información se refiere al soporte para implementar y usar sistemas de información que una empresa obtiene de fuentes externas con experiencia técnica.
Contexto Seguridad
Y por último, se hace referencia al contexto de seguridad, donde Rolf H. Weber (2010) afirma que el Internet de las Cosas tiene un impacto sobre la seguridad y privacidad de las partes involucradas importante. Por tanto, se ha de considerar también la seguridad como factor que puede influir en la decisión de adopción del IoT en las organizaciones.
La seguridad
La seguridad sería la sensación de ausencia de peligro o riesgo por parte de los usuarios a la hora de usar una nueva tecnología (Weber, 2010).

Tabla 1 – Factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones

Esta selección y distribución de factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones sirve de apoyo en este estudio para afrontar la búsqueda de los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero.

3. Metodología

El modelo que se utiliza en este estudio es el método Delphi, un método que se utiliza para obtener una visión colectiva de expertos en el área del sistema a estudiar que permita identificar los constructos involucrados en el mismo a través del envío de encuestas sucesivas a este grupo de expertos previamente elegidos (Cabero Almenara & Infante

Moro, 2014). Este modelo es recomendado si no se dispone de información suficiente sobre un sistema (Reguant Álvarez & Torrado Fonseca, 2016).

El método Delphi es probablemente una de las metodologías más utilizadas por los investigadores en los últimos tiempos y se suele emplear para diferentes situaciones y problemáticas, entre las que se encuentran: identificar los tópicos a investigar, especificar las preguntas de investigación, identificar una perspectiva teórica para la fundamentación de la investigación, seleccionar las variables de interés de un sistema, identificar las relaciones causales entre factores, definir y validar los constructos de un sistema, elaborar los instrumentos de análisis o recogida de información, y crear un lenguaje común para la discusión y gestión del conocimiento en un área científica (Cabero Almenara & Infante Moro, 2014).

De este modo, el uso de esta metodología en este estudio permite localizar los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero, lo que puede servir de gran ayuda a los gerentes de hoteles a la hora de decidir optar por su implementación o no, ya que son muchos los hoteles que aún no creen en el éxito de su implementación en su sector.

Ahora bien, antes de comenzar a describir el uso de esta metodología en este estudio, es importante reseñar los aspectos a cubrir por las encuestas en este método y las características del mismo (Okoli & Pawlowski, 2004):

- Incluir varias rondas de cuestionarios o interacciones.
- Cada nueva ronda que se realice llevará los resultados de la anterior, por lo que cada ronda puede verse influida por el resultado grupal de la anterior. Existe un proceso de interacción anónima que tiende a la convergencia en la opinión grupal resultante.
- Las respuestas son anónimas, lo cual evita que los participantes de más prestigio influyan excesivamente en las opiniones de los demás. Este anonimato se entiende en el sentido de que cada encuestado desconoce la forma en que contestan los demás, salvo en forma de agregado. Cada miembro del grupo es considerado por igual. El anonimato facilita una mayor franqueza de opiniones y ayuda a que el participante pueda modificar sus opiniones iniciales, sin verse influido por las opiniones de los expertos con más prestigio.
- Existe una interacción con retroacción controlada. La interacción entre los elementos del grupo se realiza mediante sucesivas iteraciones del cuestionario, comunicando la opinión de la mayoría. En sucesivos envíos el experto debe contestar reafirmándose en su opinión o rectificándola.
- Y los participantes lo son a nivel personal y no representan a las instituciones a las cuales están vinculados.

Respecto al número de expertos que deben utilizarse, indicar que no existe un acuerdo ni un criterio claramente definido: Malla y Zabala (1978) lo sitúan entre 15-20, Landeta (2002) entre 7-30, y Skulmoski, Hartman y Krahn (2007) entre 10-15.

En este estudio, el número de expertos utilizados es de 15 (número cubierto por cada uno de los autores citados en el párrafo anterior) y el perfil de estos expertos va relacionado

a su condición de expertos en tecnologías y hoteles (personas que pueden llegar a saber cuáles son los factores que pueden influir en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero). Estos expertos en tecnologías y hoteles son profesores universitarios internacionales con formación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y conocimiento de cómo aplicar las tecnologías de una manera útil y efectiva en los hoteles, que imparten o han impartido docencia en esta materia en universidades, poseen el título doctor y entre sus líneas de investigación se encuentran las tecnologías de la información y las comunicaciones en el sector hotelero. Otro de los requisitos que se ha tenido en cuenta a la hora de seleccionar estos expertos es que sean profesionales con conocimiento sobre cuáles son las nuevas tecnologías que se están implantando en el sector hotelero y qué efectos pueden tener en los hoteles.

Y el número de rondas de cuestionarios es tres, por lo que antes de su realización se solicita un compromiso a los expertos (para que no abandonen el proceso después de comenzarlo) y se les comunica el anonimato de sus respuestas. Con estas tres rondas se pretende alcanzar lo más parecido posible a un consenso a la hora de conocer los factores que los expertos piensan que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero. Cada una de estas rondas se detallan en los resultados.

4. Resultados

La parte empírica de este estudio comienza con la ronda 1, un cuestionario abierto donde se les pide a los expertos que clasifiquen por contextos los factores que creen que pueden influir en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero, lo que permite elaborar un inventario de factores que pueden influir en dicha decisión distribuyéndolos en los cuatro contextos que forman el marco TOES (tecnológico, organizacional, ambiental y seguridad). Esta distribución de contextos es la que se seleccionó en la revisión literaria para distribuir los factores que influían en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones.

La técnica que se utiliza para analizar las respuestas de los expertos es la técnica del diagrama de afinidad, ésta permite identificar las diversas ideas propuestas en las respuestas a las preguntas abiertas del cuestionario de la primera ronda y unificar conceptos que son expresados de maneras diferentes por los expertos pero que quieren decir lo mismo. En estudios como el de Feret y Marcinek (1999), que utiliza la metodología Delphi, se utiliza esta técnica para el análisis de los resultados de la primera ronda de cuestionarios.

Al unificar los conceptos que son expresados de maneras diferentes por los expertos pero que quieren decir lo mismo, se puede decir que los factores obtenidos coinciden con la selección y distribución de factores que se hizo en la revisión literaria sobre los factores que influyen en la adopción y uso de herramientas tecnológicas y del Internet de las Cosas en las organizaciones. Así, en este primer inventario, se obtienen que los factores que pueden influir en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero son:

- En el contexto tecnológico: la complejidad, la compatibilidad, la ventaja relativa y el coste percibido.

- En el contexto organizacional: las características del líder o gerente, la confiabilidad percibida de la tecnología, el soporte de alta gerencia, el tamaño de la empresa y la preparación organizacional tecnológica.
- En el contexto ambiental: la presión de los competidores, la presión del socio comercial, la presión de los clientes, la presión o incentivos gubernamentales y el soporte de proveedores de Sistemas de Información (SI).
- Y en el contexto seguridad: la seguridad.

Una vez presentados estos factores, comienza la ronda 2 con un cuestionario cerrado que permite clasificar de 0 a 10, a los expertos, el grado de influencia que ejercen cada uno de estos factores propuestos en la decisión.

Los resultados obtenidos son muy similares entre estos expertos, lo que aumenta la confianza en las valoraciones que se están dando. Los resultados obtenidos son analizados mediante estadística descriptiva (medias), averiguando los promedios en cada uno de los factores propuestos, y estos promedios que forman la valoración media del grupo de expertos en cada uno de los factores propuestos son recogidos en el cuestionario de la siguiente ronda.

En esa tercera ronda, el cuestionario cerrado que lo forma presenta de nuevo todos los factores propuestos por los expertos en cada uno de los contextos, pero estos factores vienen con la puntuación que dio en la anterior ronda el experto que debe realizar el cuestionario y con la puntuación media obtenida por cada uno de los factores en la anterior ronda, y el experto tiene la posibilidad de reafirmar o rectificar su opinión en la anterior ronda (volviendo a clasificar de 0 a 10 el grado de influencia que ejercen cada uno de los factores propuestos en la decisión, permitiendo dar una valoración diferente a la del grupo o alcanzar lo más parecido posible a un consenso aceptando y dando la misma valoración que la del grupo).

Al ser, en la ronda 2, las valoraciones muy similares, no hubo problemas para alcanzar un consenso y que los expertos adaptaran y aceptaran la valoración media del grupo como nueva valoración. Aún así, los resultados obtenidos en esta última ronda (a través de las valoraciones dadas por los expertos) son nuevamente analizados mediante estadística descriptiva (medias), averiguando los promedios en cada uno de los factores propuestos (Tabla 2), lo que permite clasificar el grado de influencia de estos factores en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero según estos expertos y, por ende, su influencia o no en dicha adopción.

CONTEXTO TECNOLÓGICO	
FACTOR	**VALORACIÓN (0-10)**
La complejidad	5,6
La compatibilidad	7,1
La ventaja relativa	9,8
El coste percibido	9,5
CONTEXTO ORGANIZACIONAL	

FACTOR	**VALORACIÓN (0-10)**
Las características del líder o gerente	5,1
La confiabilidad percibida de la tecnología	8,8
El soporte de alta gerencia	8,1
El tamaño de la empresa	5,5
La preparación organizacional tecnológica	6,9
CONTEXTO AMBIENTAL	
FACTOR	**VALORACIÓN (0-10)**
La presión de los competidores	7,4
La presión del socio comercial	7,4
La presión de los clientes	8,5
La presión o incentivos gubernamentales	4,3
El soporte de proveedores de Sistemas de Información (SI)	4,1
CONTEXTO SEGURIDAD	
FACTOR	**VALORACIÓN (0-10)**
La seguridad	6,5

Tabla 2 – Factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero y sus grados de influencia

4. Conclusiones

La personalización de la experiencia de los clientes es una de las cosas más buscadas a día de hoy en el sector hotelero y el factor más influyente en dicha personalización es el Internet de las Cosas. Muchos hoteles están apostando por su adopción, pero todavía queda otra gran parte que no lo está haciendo, por el desconocimiento del Internet de las Cosas entre los directivos de los hoteles o porque dudan o no están dispuestos a invertir en esta tecnología por diferentes motivos: complejidad, compatibilidad, beneficios, costes, preparación organizacional y seguridad, entre otros.

Así, con este estudio se ha pretendido localizar los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero, lo que puede servir de gran ayuda a los gerentes de hoteles a la hora de decidir optar por su implementación o no y a la hora de tomar estrategias en la dirección por su implementación.

Este listado de factores está distribuido por los contextos que se recogen en el marco TOES y está formado por:

- En el contexto tecnológico: la complejidad, la compatibilidad, la ventaja relativa y el coste percibido.
- En el contexto organizacional: las características del líder o gerente, la confiabilidad percibida de la tecnología, el soporte de alta gerencia, el tamaño de la empresa y la preparación organizacional tecnológica.

- En el contexto ambiental: la presión de los competidores, la presión del socio comercial, la presión de los clientes, la presión o incentivos gubernamentales y el soporte de proveedores de Sistemas de Información (SI).
- Y en el contexto seguridad: la seguridad.

Respecto al grado de influencia de estos factores en esta decisión, se puede decir que los factores que más influencia tienen a la hora de adoptar esta tecnología en los hoteles son: la ventaja relativa, el coste percibido (ya que los costes pueden convertirse en importantes barreras para la adopción), la confiabilidad percibida de la tecnología (en la medida que las incertidumbres sobre dicha tecnología podrían comprometer los beneficios percibidos de IoT, reduciéndose la intención de adopción), la presión externa de los clientes y el soporte de alta gerencia. A estos factores les siguen (con un alto grado de influencia también): la presión externa de los competidores y del socio comercial, la compatibilidad, la preparación organizacional y la seguridad. Y en último lugar (con menor grado de influencia): la complejidad, el tamaño de la empresa, las características del gerente, la presión gubernamental y el soporte de proveedores.

Con lo que se puede decir que aquí están señalados los factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero y que deben tener en cuenta los gerentes de hoteles a la hora de decidir optar por su implementación o no y a la hora de tomar estrategias en la dirección por su implementación.

Esta investigación se limita al estudio de los factores que se pueden recoger en los contextos del marco TOES (contexto tecnológico, contexto organizacional, contexto ambiental y contexto seguridad), pero esta limitación puede ser eliminada en estudios futuros y extender este estudio a otro tipo de factores que también influyen en esta adopción, como puede ser el estudio de los factores motivacionales que pueden influir en esta adopción o el estudio de las fortalezas y debilidades que pueden tener las distintas herramientas que conforman este Internet de las Cosas en el sector hotelero.

Referencias

Abad-Segura, E., González-Zamar, M. D., de la Rosa, A. L., & Gallardo-Pérez, J. (2020). Gestión de la economía digital en la educación superior: tendencias y perspectivas futuras. Campus Virtuales, 9(1), 57-68.

Al-Shura, M. S., Zabadi, A. M., Abughazaleh, M., & Alhadi, M. A. (2018). Critical success factors for adopting cloud computing in the pharmaceutical manufacturing companies. Management and Economics Review, 3(2), 123-137.

Berman, S. J., Kesterson-Townes, L., Marshall, A., & Srivathsa, R. (2012). How cloud computing enables process and business model innovation. Strategy & Leadership, 40(4), 27-35. https://doi.org/10.1108/10878571211242920

Cabero Almenara, J., & Infante Moro, A. (2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. Edutec, 48, 1-16. https://doi.org/10.21556/edutec.2014.48.187

Cerdán, Á. L. M. (2006). Análisis de la adopción de tecnologías colaborativas en Pymes. Revista de economía y empresa, 24(56), 51-66.

Ekong, U. O., Ifinedo, P., Ayo, C. K., & Ifinedo, A. (2012). E-commerce adoption in Nigerian businesses: An analysis using the technology-organization-environmental framework. In Leveraging Developing Economies with the Use of Information Technology: Trends and Tools (pp. 156-178). IGI Global.

Europa Press (2018). Los hoteleros apuestan por el Internet de las Cosas para personalizar la experiencia. Recuperado el 25 de julio de 2020 de https://bit.ly/3bPDKDF

Feret, B., & Marcinek, M. (1999). The future of the academic library and the academic librarian: a Delphi study. Librarian Career Development, 7(10), 91-107. https://doi.org/10.1108/09680819910301898

Feuerlicht, G., & Govardhan, S. (2010). Impact of cloud computing: beyond a technology trend. Systems integration, 262-269.

García-Peñalvo, F. J. (2020). Modelo de referencia para la enseñanza no presencial en universidades presenciales. Campus Virtuales, 9(1), 41-56.

González-González, C. S., Infante-Moro, A., & Infante-Moro, J. C. (2020). Implementation of E-proctoring in Online Teaching: A Study About Motivational Factors. Sustainability, 12(8), 3488. https://doi.org/10.3390/su12083488

Gutierrez, A., Boukrami, E., & Lumsden, R. (2015). Technological, organisational and environmental factors influencing managers' decision to adopt cloud computing in the UK. Journal of Enterprise Information Management, 28(6), 788-807. https://doi.org/10.1108/JEIM-01-2015-0001

Hinojosa, V. (2014). Aplicaciones del internet de las cosas en los hoteles. Hosteltur. Recuperado el 20 de julio de 2020 de https://www.hosteltur.com/146860_aplicaciones-internet-cosas-hoteles.html

Iacovou, C. L., Benbasat, I., & Dexter, A. S. (1995). Electronic data interchange and small organizations: Adoption and impact of technology. MIS quarterly, 9(4), 465-485.

Infante-Moro, A., Infante-Moro, J. C., & Gallardo-Pérez, J. (2020). Las posibilidades de empleo del Internet de las Cosas en el sector hotelero y sus necesidades formativas. Education In The Knowledge Society (EKS), 21, 14. http://dx.doi.org/10.14201/eks.22777

Jaén Arenas, D. (2019). Tendencias en gestión de recursos humanos en una empresa saludable y digitalizada. International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC), 6(2), 63-80.

Kula, V., & Tatoglu, E. (2003). An exploratory study of Internet adoption by SMEs in an emerging market economy. European Business Review, 15(5), 324-333. https://doi.org/10.1108/09555340310493045

Laforet, S. (2011). A framework of organisational innovation and outcomes in SMEs. International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 17(4), 380-408. https://doi.org/10.1108/13552551111139638

Landeta, J. (2002). El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre. Barcelona: Ariel.

Lin, A., & Chen, N. C. (2012). Cloud computing as an innovation: Percepetion, attitude, and adoption. International Journal of Information Management, 32(6), 533-540. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.04.001

Lippert, S. K., & Govindarajulu, C. (2006). Technological, organizational, and environmental antecedents to web services adoption. Communications of the IIMA, 6(1), 14.

Malla, F. G., & Zabala, I. (1978). La previsión del futuro en la empresa (III): El método Delphi. Estudios Empresariales, 39, 13-24.

Mehrtens, J., Cragg, P. B., & Mills, A. M. (2001). A model of Internet adoption by SMEs. Information & management, 39(3), 165-176. https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00086-6

Morales Salas, R. E., Infante-Moro, J. C., & Gallardo-Pérez, J. (2019). La mediación e interacción en un AVA para la gestión eficaz en el aprendizaje virtual. Campus Virtuales, 8(1), 49-61.

Muñoz de Frutos, A. (2017). ¿Qué es Internet de las Cosas?. Computer Hoy. Recuperado el 25 de julio de 2020 de https://computerhoy.com/noticias/internet/que-es-internet-cosas-61528

Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. Information & management, 42(1), 15-29. https://doi.org/10.1016/j.im.2003.11.002

Oliveira, T., & Martins, M. F. (2010). Understanding e-business adoption across industries in European countries. Industrial Management & Data Systems, 110(9), 1337-1354. https://doi.org/10.1108/02635571011087428

Oliveira, T., & Martins, M. F. (2011). Literature review of information technology adoption models at firm level. Electronic Journal of Information Systems Evaluation, 14(1), 110.

Pacheco-Cortés, A. M., & Infante-Moro, A. (2020). La resignificación de las TIC en un ambiente virtual de aprendizaje. Campus Virtuales, 9(1), 85-99.

Padrón, S. P., & Méndez, F. R. M. (2018). La innovación tecnológica y la investigación de mercado en el sistema empresarial cubano. Universidad y Sociedad, 10(1), 370-376.

Premkumar, G., Ramamurthy, K., & Crum, M. (1997). Determinants of EDI adoption in the transportation industry. European Journal of Information Systems, 6(2), 107-121.

Premkumar, G., & Roberts, M. (1999). Adoption of new information technologies in rural small businesses. Omega, 27(4), 467-484.

Reguant Álvarez, M., & Torrado Fonseca, M. (2016). El método Delphi. REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació, 9(2), 87-102.

Rogers, E. (1995). Diffusion of innovations. Delran. NJ: Simon & Schuster.

Sánchez, C. P., de Llano Monelos, P., & López, M. R. (2016). Las TIC como inductores de competitividad y facilitadores del éxito empresarial. International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC), 3(1), 8-26.

Skulmoski, G. J., Hartman, F. T., & Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. Journal of Information Technology Education: Research, 6(1), 1-21.

Sonnenwald, D. H., Maglaughlin, K. L., & Whitton, M. C. (2001). Using innovation diffusion theory to guide collaboration technology evaluation: work in progress. In Proceedings Tenth IEEE International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (pp. 114-119). IEEE.

Tejero, E. L. (2020). Algoritmos. El totalitarismo determinista que se avecina. ¿La pérdida final de libertad?. Revista de Pensamiento Estratégico y Seguridad CISDE, 5(1), 85-101.

Tornatzky, L. G., Fleischer, M., & Chakrabarti, A. K. (1990). Processes of technological innovation. Lexington books.

To, M. L., & Ngai, E. W. (2006). Predicting the organisational adoption of B2C e-commerce: an empirical study. Industrial Management & Data Systems, 106(8), 1133-1147. https://doi.org/10.1108/02635570610710791

Tu, M. (2018). An exploratory study of Internet of Things (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management. The International Journal of Logistics Management, 29(1), 131-151.

Weber, R. H. (2010). Internet of Things–New security and privacy challenges. Computer law & security review, 26(1), 23-30.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/10/2020
Aceitação/Acceptance: 16/12/2020

Comportamientos habituales relacionados con la corrupción en estudiantes universitarios limeños

Úrsula Freundt-Thurne[1], Ambrosio Tomás-Rojas[2], Eliana Gallardo-Echenique[1]

ursula.freundt@upc.pe; ambrosio.tomas@upc.edu.pe; eliana.gallardo@upc.pe

[1] Facultad de Comunicaciones de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Prolongación Primavera 2390, Lima 15023, Perú.

[2] Facultad de Psicología de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Prolongación Primavera 2390, Lima 15023, Perú.

Pages: 384-395

Resumen: La corrupción es uno de los principales problemas del Perú, junto con la delincuencia y la inseguridad ciudadana, la violencia contra las mujeres, el consumo de drogas, la pobreza y el desempleo. Este último ha aumentado en los últimos meses debido a la pandemia de la COVID-19. El objetivo del estudio fue determinar comportamientos habituales asociados a la corrupción entre algunos estudiantes universitarios de Lima, Perú. Entre los comportamientos comunes identificados, se encontró que los estudiantes habían, al menos una vez, comprado productos piratas (94,4%), ofrecido falsas excusas a sus padres para justificar dónde estaban (88,5%), y copiado en algún examen (74,4%). Estos comportamientos se observaron tanto en hombres como en mujeres. Los resultados muestran que estos comportamientos habituales son el resultado de un problema educativo más amplio que ha permeado la moral y la ética de la sociedad.

Palabras-clave: Corrupción; comportamientos habituales; estudiantes universitarios; Lima, Perú.

Common behaviors related to corruption in Lima university students

Abstract: Corruption is one of the main problems in Peru, along with crime and citizen insecurity, violence against women, drug use, poverty and unemployment. The latter has increased in recent months due to the COVID-19 pandemic. The objective of the study was to determine common behaviors associated with corruption among university students from Lima, Peru. Among the common behaviors identified, it was found that students, at least once, had bought pirated products (94.4%), offered false excuses to their parents to justify where they were (88.5%), and cheated on exams (74.4%). These behaviors were observed in both men and women. The results show that these behaviors are the result of a broader educational problem that has permeated the morals and ethics of society.

Keywords: Corruption; common behaviors; university students; Lima, Peru.

1. Introducción

La corrupción es un fenómeno mundial que ha formado parte de las sociedades a lo largo de la historia (Bamidele & Ayodele, 2016). Desde hace varios años, la corrupción y los comportamientos corruptos son parte clave del discurso diario de los medios de comunicación, de encuestas y entrevistas realizadas por organismos nacionales e internacionales, de múltiples investigaciones y análisis académicos, institucionales y empresariales, así como de los planes de gobierno de candidatos a puestos públicos.

La corrupción es uno de los principales problemas del Perú, junto a la delincuencia e inseguridad ciudadana, la violencia contra la mujer, el consumo de drogas, la pobreza y el desempleo. Este último ha aumentado en los últimos meses debido a la pandemia de la COVID-19 (Proética, 2017; Redacción El Comercio, 2020). En el 2018, la Encuesta Nacional de Hogares (Redacción El Comercio & Instituto Peruano de Economía (IPE), 2019), reportó que 8.7 millones de peruanos consideran que el principal problema del país es la corrupción. El Perú es el país de la región al que más le preocupa la corrupción, lo cual ha sido manifestado por el 68% de la población peruana, principalmente a nivel de corrupción política y financiera (Atkinson & Skinner, 2018; Vanderbilt University, 2017). Asimismo, el 80% de peruanos considera que la corrupción lo perjudica en su vida cotidiana debido a que se siente potencialmente víctima de abusos de las autoridades, por coima y extorsión (Torres, 2018).

La definición más aceptada de corrupción, la describe como el uso indebido de un cargo público para obtener beneficios privados, individuales (familia o camarilla), pecuniarios, o para mejorar su status (Bamidele & Ayodele, 2016; Newman & Ángel, 2017; Pozsgai, 2015). Sus tipificaciones básicas se diferencian entre "gran" y "micro" (destacando sus dimensiones monetarias), o "política" y "burocrática" (destacando la naturaleza de los actores involucrados) (Ariely & Uslaner, 2017; Pozsgai, 2015; Proética, 2017). La gran corrupción es cualquier actividad corrupta que involucre, por un lado, a altos funcionarios administrativos o políticos, y por el otro, a agentes económicos comprometidos en negociaciones de alto nivel, desconocida para el público en general (Bamidele & Ayodele, 2016; Newman & Ángel, 2017). Esto incluye comportamientos como soborno, el uso de una recompensa para modificar las decisiones de una persona, el nepotismo y la malversación (la apropiación ilegal de recursos públicos para usos de tipo privado), entre otros (Newman & Ángel, 2017). La llamada "microcorrupción" (IPSOS PERU, 2018; Proética, 2017), incluye coimas, propinas, sobornos, pirateo de servicios públicos, tarjetazos, regalos, beneficios de diverso tipo (en hospitales, colegios, trabajo), entre otros comportamientos cotidianos, que empiezan a convertirse en prácticas "interiorizadas y culturalmente aceptadas dada la frecuencia de su aplicación" (Ángel & Fuentes, 2015).

Otros autores (Ariely & Uslaner, 2017) distinguen entre dos tipos principales de corrupción, de alto y bajo nivel, destacando no el tamaño de las ganancias o el cargo público involucrado, sino los dos posibles escenarios que enfrentan los ciudadanos como miembros promedio de una sociedad desorganizada. Según Torres (2018) existe una "propensión alta o baja a la corrupción", donde la mayor propensión y permeabilidad a la corrupción aparece entre quienes creen que "todo el mundo lo hace".

Al respecto, Bruce (como se citó en Nuñez, 2018) atribuye el origen de la corrupción a una "fabricación cultural" y plantea que, si bien existen personas con proclividad a comportamientos agresivos e impulsivos, nadie tiene una predisposición genética a la corrupción, descartando la idea de que uno puede nacer corrupto (Nuñez, 2018).

Asimismo, Heidenheimer (1996) propone la existencia de tres tipos de corrupción: negra, gris y blanca, detrás de las cuales los niveles de tolerancia ciudadana parecen ser radicalmente diferentes, pero que dependen también de aspectos sociales y culturales propios de cada país (Heidenheimer, 1996). Al establecerse estos comportamientos como propios, se produce una reducción del sentimiento de angustia al cometer un acto indebido (Arellano, 2017). De esta manera, lo que es corrupción gris en determinado contexto y cultura, podría ser considerada corrupción blanca, en otros. La imitación social, la actitud tolerante y "las armonías morales ficticias" (G. Nugent, comunicación personal, 9 de julio, 2019), se convierten así, en variables decisivas a la hora de evaluar comportamientos y asumir responsabilidades. Lo cierto es que algunos de estos males son más intensos en países con instituciones débiles y con altos índices de informalidad, como el Perú (Briceño, 2018; Pozsgai, 2015).

En la literatura (Ángel & Fuentes, 2015; Benbenaste & Delfino, 2005; Del Castillo, 2001; Morillo, 2009; Newman & Ángel, 2017; Venegas, 2019), encontramos una variedad de definiciones sobre corrupción, lo que constituye un reto para los investigadores, ya que cada acercamiento exige un nivel de análisis distinto y posee un enfoque único. Precisar el significado de "corrupción" a ser trabajado, implica comprender que ésta no alude simplemente a situaciones circunscritas a comportamientos políticos de gran impacto mediático (Venegas, 2019), social, político, económico, sino que incluye lo que Aristóteles (como se citó en Benbenaste & Delfino, 1995, p.3), considera "lo opuesto a la virtud", ligado, posiblemente, a variables culturales concretas que han devenido, incluso en rangos de alcance o magnitudes diversas (Garcés, 2015). Para enfrentar esta problemática, Del Castillo (2001) clasificó los conceptos de corrupción en cuatro perspectivas: perspectiva del interés público, perspectiva legal, perspectiva sociocultural y perspectiva de mercado.

La corrupción suele asociarse automáticamente a conductas extremas y escandalosas (Benbenaste & Delfino, 2005); al mal uso de lo público y de los bienes o posiciones del Estado (en el Perú, léanse casos como el de los Vladivideos, Operación Lava Jato, Odebrecht, Cuellos Blancos del Puerto, y las recientes compras sobrevaloradas durante la pandemia de la COVID-19, entre otros), más no a comportamientos diarios que devienen, por ejemplo, de la imitación de conductas propias de la dinámica social al interior de distintos círculos con los que se establecen vínculos, tales como la familia inmediata o extendida, los amigos, el colegio, la universidad, el espacio laboral, las asociaciones a las que uno pertenece, entre otros. De allí que se trate de un concepto que, a la luz de su relevancia e impacto a corto, mediano y largo plazo, merezca ser abordado más allá del "uso de bienes o posiciones de Estado" (Benbenaste & Delfino, 2005, p.1). En este estudio, se aborda el concepto de corrupción desde la perspectiva sociocultural, que define la corrupción como el comportamiento que infringe no solo las normas escritas, sino las que se encuentran establecidas de forma implícita en la sociedad (Del Castillo, 2001; Newman & Ángel, 2017).

Si bien existen valiosos trabajos (Atkinson & Skinner, 2018; Chirinos, 2018; IPSOS PERU, 2018; Pring, 2017; Proética, 2017; Torres, 2018), así como múltiples acercamientos al tema de las percepciones sobre corrupción con el objetivo de entender su dinámica y su devenir a lo largo de los años, el presente trabajo busca profundizar en el tema a partir del comportamiento de los estudiantes universitarios, debido a que ellos son ciudadanos en formación profesional que, a partir de su propia aceptación vocacional, no solo evidencian (o están a tiempo de hacerlo), su responsabilidad individual ante la elección, sino que se comprometen con el ejercicio profesional de lo elegido para lo que deberán tener la capacidad de discernir entre conductas que favorecen y/o aportan positivamente o no, a su desarrollo profesional como al desarrollo de su país.

De allí nuestro interés en profundizar en las percepciones de los estudiantes universitarios, para, posteriormente, intervenir en sus comportamientos a partir de la reflexión y el análisis de ciertas decisiones y conductas. Por ello, y con el objetivo de conocer los comportamientos de quienes guiarán nuestra sociedad en los próximos años, es que se optó por evaluar los comportamientos considerados habituales, y que están asociados con la corrupción (Ángel & Fuentes, 2015; Arellano, 2017; Ariely & Uslaner, 2017; Del Castillo, 2001; Morillo, 2009). A través de este estudio, se intenta generar un conocimiento que permita más investigaciones relacionadas al tema y, además, aportar desde la mirada de los mismos actores.

2. Metodología

Este estudio tiene un carácter exploratorio (Leavy, 2017) porque representa uno de los primeros acercamientos al fenómeno de la corrupción y la práctica de estos actos entre estudiantes universitarios, así como la frecuencia con la que ocurren. Para evidenciar los comportamientos habituales relacionados con la corrupción, se aplicó la "Escala de normalización de la corrupción" elaborada por Freundt-Thurne y Tomás-Rojas (2020). Se trata de una escala unidimensional compuesta por 19 ítems tipo Likert de cinco opciones de respuesta, donde 1 = Nunca, 2 = Casi Nunca, 3 = A veces, 4 = Casi siempre, y 5 = Siempre. El muestreo fue no probabilístico, por conveniencia, donde los estudiantes fueron seleccionados dada su accesibilidad y disponibilidad a participar en el estudio (Leavy, 2017). En total, participaron 340 estudiantes universitarios limeños (230 mujeres y 110 varones), cuyas edades fluctuaban entre los 17 y 29 años (M = 20.1; DE = 2.1).

Se coordinó con los docentes encargados de las asignaturas para que les soliciten a sus estudiantes el ingreso a una plataforma *online* en la que se encontraba el formato del instrumento. A todos los participantes, se les solicitó el respectivo consentimiento informado (Grady et al., 2017) donde se les informaba el propósito de la investigación, garantizándoles el anonimato y la confidencialidad de los datos; y, que sus respuestas no afectarían sus calificaciones (Creswell & Poth, 2018).

3. Resultados y Discusión

Se realizó un análisis de las respuestas de los estudiantes universitarios con relación a los comportamientos habituales relacionados con la corrupción, evaluados a través de la Escala de Comportamientos Habituales (Freundt-Thurne & Tomás-Rojas, 2020).

En la Tabla 1, se muestran los comportamientos habituales organizados -en orden jerárquico-, de acuerdo a las respuestas de los universitarios, evidenciándose que: (a) nueve de cada 10 han comprado, en alguna oportunidad, productos piratas (películas, música, software, etc.), y han dado una excusa falsa a sus padres para justificar el lugar donde estaban; (b) ocho de cada 10 han copiado, al menos una o más veces, en un examen; (c) siete de cada 10 han dado, al menos una vez, una excusa falsa a un profesor(a) para justificar la ausencia a una clase; y, (d) seis de cada 10, en alguna ocasión, se han quedado con el vuelto sabiendo que le habían dado demás. De los cinco comportamientos habituales más desarrollados, el tercero y el cuarto: copiarse en un examen (74.8%) y dar una excusa falsa a un profesor(a) para justificar la ausencia a una clase (70.4%) están directamente relacionados con el espacio y la dinámica académicos, mientras que los otros tres: comprar productos piratas como películas, música, software, etc. (93%); dar una excusa falsa a sus padres para justificar el lugar donde estaban (88.7) y quedarse con el vuelto sabiendo que le habían dado demás (64.4%), se encuentran más relacionados con el orden social.

Ítems	**%**
Has comprado productos piratas (películas, música, software, etc.).	94.4
Has dado una excusa falsa a tus padres para justificar el lugar donde estabas.	88.5
Has copiado en un examen.	74.4
Has dado una excusa falsa a un profesor(a) para justificar la ausencia a una clase.	71.5
Te has quedado con el vuelto sabiendo que te han dado de más.	64.4
Te has "colado" en alguna fila.	63.8
Has mentido sobre tu edad para obtener algún beneficio (discotecas, Facebook, cine, juegos de azar, apuestas).	61.8
Te has quedado con algo prestado aun sabiendo que debías devolverlo.	59.7
Has usado contactos en alguna institución para obtener una atención preferencial frente a los demás.	54.4
Has falsificado alguna firma en un documento.	49.1
Has ofrecido dinero, regalos o favores a cambio de obtener un servicio más rápido.	48.8
Has usado, de manera intencional, dinero falso para pagar algún servicio o producto.	25.3
Te has llevado algo sin pagar, de manera intencional.	24.4
Has mandado a hacer tus tareas universitarias.	22.6
Has adulterado los datos de algún documento.	20.6
Has usado un DNI ajeno para ingresar en algún lugar o realizar algún trámite.	20.6
Has solicitado facilidades académicas (matrícula, pago, requisitos, retiros, etc.) con argumentos falsos y/o incompletos.	12.9
Has presentado el trabajo de otras personas como si fuera tuyo.	12.1
Has sobornado a alguna autoridad (policías, profesores, etc.)	8.2

Tabla 1 – Comportamientos habituales de la muestra general de universitarios

Estos resultados evidencian comportamientos que son repetidos por la población dejando de ser mal vistos en un entorno sociocultural como el peruano, lo que confirma su interiorización y aceptación según Ángel y Fuentes (2015). Los encuestados han reconocido haber comprado productos piratas (películas, música, software, etc.), al menos una vez (94.4%). Cabe señalar que las penalidades para las empresas que optan por utilizar software pirata llegan a ser hasta de 180 unidades impositivas tributarias (UIT) exponiéndose, además, a sanciones penales de hasta ocho años de cárcel (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), 2019).

El resto de los comportamientos habituales más relacionados al espacio y dinámica académicos se ubican en las últimas seis posiciones de los 19 ítems considerados. Solo el 22.6% reconoce haber mandado a hacer, al menos en alguna oportunidad, sus tareas universitarias; 11.7% haber presentado, al menos una vez, el trabajo de otras personas como si fuera suyo, así como haber solicitado, por lo menos en una oportunidad, facilidades académicas (matrícula, pago, requisitos, retiros, etc.) con argumentos falsos y/o incompletos. Incluso, solo el 4.8% reconoce haber sobornado, siquiera una vez, a alguna autoridad (policías, profesores, etc.). Se trata de porcentajes comparativamente más bajos que los reconocidos en los otros comportamientos habituales, lo que denotaría cierta reserva por reconocer públicamente que son capaces de realizar estas conductas que no serían "bien vistas" por los docentes que conducen la investigación.

Sorprende que la mayoría de las respuestas relacionadas con el espacio y la dinámica académicos de los universitarios encuestados alcancen porcentajes claramente inferiores a los del resto de las conductas transgresoras (Zuluaga, 1996) reconocidas. De los 19 comportamientos habituales que trabaja el instrumento, seis hacen referencia directa al ámbito académico. Es importante resaltar que cuando la universidad recibe a los estudiantes, ellos cuentan con una formación, así como con ciertos conocimientos que les permiten discernir entre lo moralmente bueno y lo malo (Gómez-Senent, 2000). No cabe duda que es en la universidad donde terminan de formarse como profesionales en diversas áreas del conocimiento y madurar como personas para que lleguen a ser auténticos ciudadanos, responsables y comprometidos éticamente con la realidad social que los rodea (Antúnez & Martínez de Carrasquero, 2010; Gómez-Senent, 2000). Lo anterior evidencia que la universidad tiene la responsabilidad de fomentar, entre sus estudiantes, el sentido de responsabilidad social y el compromiso con el bien común, ambos fundamentales para lograr el orden social. En consecuencia, la universidad enfrenta la tarea de recordarle a los alumnos la relevancia de la reflexión sistemática, así como de ofrecerles las herramientas necesarias para acceder a una forma distinta de aprehender el mundo, a fin de aproximarse a la complejidad creciente de estos tiempos. Las universidades son espacios para la formación de ciudadanos cívicos y éticos, de tal manera que su prestigio va a depender necesariamente de las acciones que sus egresados hagan en su ejercicio cotidiano (Tapia et al., 2018).

La corrupción, entonces, si bien puede responder al abuso o mal uso del poder, a la debilidad de las instituciones, servicios públicos y/o privados, y al deseo de apoderarse de bienes o servicios ajenos, también resulta de un problema educativo (Escribano, 2013) que se inicia en el hogar, se alimenta y refuerza a partir de los tipos de vínculos que construimos, y que se nutre de una formación educativa que no reflexiona ni discute

sobre "la armonía moral consistente y aquella que es ficticia" (G. Nugent, comunicación personal, 9 de julio, 2019).

Otros comportamientos habituales incluidos entre los 19 ítems evidencian que en alguna oportunidad: (a) el 64.4% se ha quedado con el vuelto a sabiendo que le han dado de más; (b) el 61.8% ha mentido sobre su edad para obtener algún beneficio (discotecas, Facebook, cine, juegos de azar, apuestas); (c) el 59.7% se ha quedado con algo prestado aun sabiendo que debía devolverlo; (d) el 54.4% ha usado contactos en alguna institución para obtener una atención preferencial frente a los demás; (e) el 49.1% ha falsificado alguna firma en un documento; y, (f) el 48.8% ha ofrecido dinero, regalos o favores a cambio de obtener un servicio más rápido, evidenciándose un significativo salto porcentual cuando se les consulta si se han llevado algo sin pagar, de manera intencional (24.4%). Se evidencia una interesante diferencia entre los actos ilícitos de beneficio inmediato (Arellano, 2017) y los actos de imitación social o prácticas normales. Esta última categoría reúne comportamientos interiorizados y "socialmente aceptados", lo que los convierte en comportamientos más sencillos de ser reconocidos (Ángel & Fuentes, 2015).

Como bien explican los autores antes mencionados, existen determinadas prácticas y actos ilícitos que, si bien podrían ser considerados como corruptos, se "perciben como normales porque han sido interiorizadas y culturalmente aceptadas dada la frecuencia de su aplicación" (p. 134). La corrupción en la cotidianidad puede estar explicada por el fenómeno de normalización en la sociedad (Ángel & Fuentes, 2015). A su vez, la generalización de actos ilícitos en la sociedad hace que estos sean percibidos por las demás personas como "normales" y sean socialmente aceptados. A partir de este momento es cuando se incluyen en la estructura de valores y se incorporan como elementos inherentes al sistema. Que las conductas transgresoras sean asimiladas como intrínsecas del comportamiento humano y social, redirige a que una comunidad entera se comprometa con un proceso progresivo de complicidad con la corrupción, lo cual generará mayores índices de la misma (Zuluaga, 1996). En dicho contexto, la indiferencia termina siendo considerada una forma de corrupción (J.D Restrepo, comunicación personal, 31 de agosto, 2017).

Al realizar la comparación entre los géneros considerados en esta investigación, (ver Tabla 2), se observa que entre los cuatro comportamientos habituales que comparten ambos géneros, los que encabezan ambas listas han indicado que en alguna oportunidad: (a) Han comprado productos piratas (películas, música, software, etc.) (F= 93%; M= 97.3%); (b) Han dado una excusa falsa a sus padres para justificar el lugar donde estaban (F: 88.7; M:88.2%); (c) Han copiado en un examen (F= 74.8%; M= 73.6%); (d) Han dado una excusa falsa a un profesor(a) para justificar la ausencia a una clase (F= 70.4%; M= 73.6%); (e) Han sobornado a alguna autoridad (policías, profesores, etc.) (F= 4.8% y M= 15.5%); y, (f) Han ofrecido dinero, regalos o favores a cambio de obtener un servicio más rápido (F= 45.2%, M= 56.4%).

Ítems	**Femenino**	**Masculino**
Has comprado productos piratas (películas, música, software, etc.).	93.0	97.3
Has dado una excusa falsa a tus padres para justificar el lugar donde estabas.	88.7	88.2

Ítems	Femenino	Masculino
Has copiado en un examen.	74.8	73.6
Has dado una excusa falsa a un profesor(a) para justificar la ausencia a una clase.	70.4	73.6
Te has "colado" en alguna fila.	66.5	67.3
Te has quedado con el vuelto sabiendo que te han dado de más.	63.0	63.6
Has mentido sobre tu edad para obtener algún beneficio (discotecas, Facebook, cine, juegos de azar, apuestas).	60.9	63.6
Te has quedado con algo prestado aun sabiendo que debías devolverlo.	59.6	60.0
Has usado contactos en alguna institución para obtener una atención preferencial frente a los demás.	50.0	58.2
Has falsificado alguna firma en un documento.	49.6	56.4
Has ofrecido dinero, regalos o favores a cambio de obtener un servicio más rápido.	45.2	48.2
Te has llevado algo sin pagar, de manera intencional.	23.5	30.9
Has usado, de manera intencional, dinero falso para pagar algún servicio o producto.	22.6	26.4
Has mandado a hacer tus tareas universitarias.	22.6	22.7
Has usado un DNI ajeno para ingresar en algún lugar o realizar algún trámite.	20.9	22.7
Has adulterado los datos de algún documento.	19.6	20.0
Has presentado el trabajo de otras personas como si fuera tuyo.	11.7	15.5
Has solicitado facilidades académicas (matrícula, pago, requisitos, retiros, etc.) con argumentos falsos y/o incompletos.	11.7	15.5
Has sobornado a alguna autoridad (policías, profesores, etc.)	4.8	12.7

Tabla 2 – Comportamientos habituales entre exponentes del género femenino y masculino

Sorprende que, en ambos grupos, muchos de los porcentajes obtenidos en cada ítem sean similares, aunque en casi todos los casos, los porcentajes de las respuestas a los ítems dados por los hombres sean superiores a los porcentajes obtenidos en las respuestas ofrecidas por las mujeres. Resaltan dos porcentajes en los que las mujeres alcanzan porcentajes mayores. Nos referimos a los ítems relacionados a la falsificación de alguna firma en un documento (F= 49.6%; M= 48.2%) y el haberse "colado" [Meterse sin respetar su turno] en una fila (F= 66.5%; M= 58.2%). Más allá de las diferencias puntuales antes mencionadas, los comportamientos viciados afectan por igual, independientemente de la variable género. En todo caso, estos resultados están en línea con lo evidenciado por Caciagli (como se citó en Morillo, 2009), al demostrar la existencia de comportamientos corruptos basados en tres rasgos fundamentales: (a) la ilegalidad referida al incumplimiento de normas legales; (b) la ilegitimidad, cuando se vulneran los principios de la democracia; y, de manera especial, (c) la ilicitud, puesto que se infringen normas morales provenientes de la sociedad, y que abarcan posturas personales.

4. Conclusiones

El objetivo de este estudio consistió en caracterizar a estudiantes universitarios limeños según los comportamientos habituales relacionados con la corrupción. Los resultados han demostrado que el estudio de la corrupción desde la perspectiva sociocultural es fundamental porque la debilidad de la moral de una sociedad puede ser considerada como la base de toda forma de corrupción. Los resultados obtenidos han demostrado que la corrupción abarca todas aquellas conductas que se desvían de la norma moral en una sociedad, y que no se limitan únicamente al ámbito legal. Al ser un producto sociocultural, las respuestas de los universitarios evidenciaron que sus comportamientos habituales son producto de un problema educativo que ha calado en la moral y ética de la sociedad, siendo la base de toda forma de corrupción.

La incorporación de actos ilícitos al repertorio conductual de los estudiantes universitarios implica que al percibir en su entorno conductas infractoras repetitivas, las cuales producen la obtención de un beneficio inmediato, las incluyen en su forma de actuar y las llevan a la práctica. Bajo este enfoque, no existiría pequeña, mediana o gran corrupción, ni tampoco micro o macro corrupción, cuando se trata de evaluar el comportamiento y las "responsabilidades individuales", como las "responsabilidades públicas", lo cual implicaría destacar el verdadero valor de la sinceridad para con uno mismo a la hora de ser y decidir. Asimismo, su diferenciación por matices (blanco, gris y negra), sin embargo, no hace sino confirmar una posibilidad de matizar las responsabilidades de los involucrados y diluirla, en lugar de tratar con la raíz sociocultural de estos comportamientos.

Según los resultados, se deduce que, en países con instituciones débiles como el Perú, con violaciones sistemáticas de las reglas que benefician a los ciudadanos en su conjunto, los comportamientos corruptos parecen encontrar suelo fecundo para madurar, crecer y reproducirse. Se espera que los resultados de este estudio repercutan sobre el análisis que el sistema universitario peruano debe incorporar para reflexionar sobre el grado en el que brindan espacios para analizar críticamente las implicancias de relativizar, minimizar, desconocer o confundir el concepto de corrupción, que puede analizarse a partir de diversas disciplinas, magnitudes y tipologías.

La responsabilidad ética y social de la formación humanista de los futuros profesionales para atender su desarrollo integral, es el fin inherente de la universidad, no sólo en su manera de aprender y abordar el ejercicio de su profesión, sino en su forma de pensar y de comportarse como ciudadanos; sin embargo, resulta necesario conocer el nivel de influencia que la educación en valores, en el seno de la familia, ejerce en la educación superior e indagar las causales por las que se generan ciertos vacíos en ambos espacios, y de esta manera buscar soluciones. Los comportamientos corruptos no son accidentales ni momentáneos, sino la consecuencia de acciones desarrolladas, generalmente, a lo largo de los años, y asociados a la familia, las instituciones, los hábitos, los estilos de vida y los valores.

Este estudio contribuye con la literatura relacionada al tema porque es uno de los primeros estudios empíricos realizados con una muestra de estudiantes universitarios de la ciudad de Lima, lo que ha permitido tener una idea de la situación presente sobre

los comportamientos habituales relacionados con la corrupción. Se espera que esto sirva como punto de referencia a otros investigadores para comparar la situación de los estudiantes en diversas universidades tanto privadas como públicas en varias regiones del Perú, así como en otros países de Latinoamérica.

Este estudio presenta ciertas limitaciones. La primera es que la muestra fue no probabilística, por conveniencia; por lo tanto, no es necesariamente representativa de la población universitaria. Estos hallazgos no pueden generalizarse a estudiantes de todas las carreras o de otras instituciones. Otra limitación es que los datos recogidos se basan en la honestidad, la transparencia y la motivación de los entrevistados, de manera que los investigadores asumimos que las respuestas brindadas por los estudiantes son reconocidas como "reales" o "verdaderas". Por lo tanto, somos conscientes que es necesario profundizar en el tema de los comportamientos habituales, y su relación con la corrupción en los universitarios, lo cual requiere, desde un inicio, del reconocimiento del valor de la sinceridad para con uno mismo, así como de la importancia de descubrir el valor de ponerle rostro a los actos, decisiones y personas, con el objetivo de asumir una legítima responsabilidad individual al interior de la dinámica social.

Referencias

Ángel, A., & Fuentes, Á. (2015). Percepciones sobre la corrupción de habitantes de Manizales y Pereira. *Papel Político*, *20*(1), 127–146. https://doi.org/10.11144/Javeriana.papo20-1.pchm

Antúnez, N., & Martínez de Carrasquero, C. (2010). Responsabilidad social y ética universitaria: elementos interrelacionados de la Universidad Católica Cecilio Acosta. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, *11*(1), 183–199. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1701/170121894008

Arellano, D. (2017). Corrupción como proceso organizacional: comprendiendo la lógica de la desnormalización de la corrupción. Contaduría y Administración. *Contaduría y Administración*, *62*(3), 810–826. https://doi.org/10.1016/j.cya.2016.01.005

Ariely, G., & Uslaner, E. M. (2017). Corruption, fairness, and inequality. *International Political Science Review*, *38*(3), 349–362. https://doi.org/10.1177/0192512116641091

Atkinson, S., & Skinner, G. (2018). *What Worries the World*. IPSOS Mori. https://www.ipsos.com/en/what-worries-world-september-2018

Bamidele, O., & Ayodele, B. (2016). Culture, corruption, and anticorruption struggles in Nigeria. *Journal of Developing Societies*, *32*(2), 103–129. https://doi.org/10.1177/0169796X15610015

Benbenaste, N., & Delfino, G. (2005). El concepto de corrupción, sus formas de vigencia en la sociedad contemporánea. *C@hiers de Psychologie Politique*, *6*. http://lodel.irevues.inist.fr/cahierspsychologiepolitique/index.php?id=1218

Briceño, A. (2018, April 15). Transparencia Internacional: "La informalidad contribuye a la corrupción." *El Comercio*. https://elcomercio.pe/lima/transparencia-internacional-informalidad-economia-contribuye-corrupcion-noticia-512231

Chirinos, D. (2018, October 22). Las distintas capas de la corrupción. *El Comercio*. https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2018-10/indice_de_propension_a_la_corrupcion.pdf

Creswell, J., & Poth, C. (2018). *Qualitative Inguiry Research Design* (4th ed.). SAGE Publications, Inc.

Del Castillo, A. (2001). Fundamentos de la investigación empírica reciente sobre corrupción. *Gestión y Política Pública*, *10*(2), 375–402. http://aleph.academica.mx/jspui/bitstream/56789/11640/1/DOCT2064251_ARTICULO_9-VOLXNUM2.PDF

Escribano, P. (2013). La corrupción ha impedido el desarrollo del Perú. *La República*. https://larepublica.pe/tendencias/710788-la-corrupcion-ha-impedido-el-desarrollo-del-peru/

Freundt-Thurne, Ú., & Tomás-Rojas, A. (2020). Construction and Psychometric Properties of an Instrument on Common Behaviors related to Corruption. *INTED2020 Proceedings*, 655–661. https://doi.org/10.21125/inted.2020.0262

Garcés, L. F. (2015). La virtud aristotélica como camino de excelencia humana y las acciones para alcanzarla. *Discusiones Filosoficas*, *16*(27), 127–146. https://doi.org/10.17151/difil.2015.16.27.8

Gómez-Senent, E. (2000). Ingeniería. In A. Cortina & J. Conill (Eds.), *10 palabras clave en ética de las profesiones* (pp. 129–151). Editorial Verbo Divino.

Grady, C., Cummings, S. R., Rowbotham, M. C., Mcconnell, M. V, Ashley, E. A., Phil, D., & Kang, G. (2017). Informed Consent. *New England Journal of Medicine*, *376*(9), 856–867. https://doi.org/10.1056/NEJMra1603773

Heidenheimer, A. J. (1996). The topography of corruption: explorations in a comparative perspective. *International Social Science Journal*, *48*(149), 337–347. https://doi.org/10.1111/1468-2451.00036

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2019). *Software Legal*. Plataforma Digital Única Del Estado Peruano. https://www.gob.pe/qu/institucion/indecopi/campañas/1516-software-legal

IPSOS PERU. (2018). Instituciones y corrupción: evidencias para la reflexión. *Semana de La Evidencia 2018*, 1–43. https://www.ipsos.com/es-pe/ipsos-peru-en-la-iii-semana-de-la-evidencia

Leavy, P. (2017). *Research Design: Quantitative, Qualitative, Mixed Methods, Arts-Based, and Community-Based Participatory Research Approaches*. The Guilford Press.

Morillo, A. (2009). La corrupción ¿Problema social o político? *Revista Venezolana de Ciencia Política*, *36*, 147–160. http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34163/articulo7.pdf

Newman, V., & Ángel, M. P. (2017). Sobre la corrupción en Colombia: marco conceptual, diagnóstico y propuestas de política. In *Cuadernos de Fedesarrollo* (Vol. 56). Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3436

Nuñez, A. (2018). En busca de la honestidad. *Revista Somos*, 14–22.

Pozsgai, J. (2015). Low-level corruption tolerance: An "action-based" approach for Peru and Latin America. *Journal of Politics in Latin America*, *7*(2), 99–129. https://doi.org/10.1177/1866802x1500700204

Pring, C. (2017). *Las personas y la corrupción: América Latina y el Caribe. Barómetro Global de la Corrupción*. Transparency International. http://libertadciudadana.org/archivos/BAROMETRO2017/LAC GCB SP_9_October_2017.pdf

Proética. (2017). *Décima encuesta nacional sobre percepciones de corrupción*. https://www.proetica.org.pe/contenido/encuesta-nacional-sobre-percepciones-de-la-corrupcion-en-el-peru/

Redacción El Comercio. (2020, January 18). La delincuencia y la violencia a la mujer, entre las principales preocupaciones de los limeños. *El Comercio*. https://elcomercio.pe/lima/seguridad/encuesta-el-comercio-ipsos-cuales-son-los-principales-problemas-para-los-limenos-de-hoy-inseguridad-violencia-contra-la-mujer-migracion-noticia/

Redacción El Comercio, & Instituto Peruano de Economía (IPE). (2019, April 29). ¿Quiénes son los microcorruptores del Perú? *El Comercio*. https://elcomercio.pe/economia/peru/quienes-son-microcorruptores-peru-corrupcion-coimas-corruptos-enaho-peru-pnp-policia-nacional-peru-instituto-estudios-peruanos-noticia-630683

Torres, A. (2018, October 21). Propensión a la corrupción. *El Comercio*. https://elcomercio.pe/opinion/columnistas/cesar-hinostroza-ipsos-peru-propension-corrupcion-alfredo-torres-noticia-569788

Vanderbilt University. (2017). Studies by country: AmericasBarometer, 2016/17. In *Latin American Public Opinion Project (LAPOP)*. https://www.vanderbilt.edu/lapop/studies-country.php

Venegas, R. (2019, March 1). La corrupción hormiga. *Lampadia*. https://www.lampadia.com/opiniones/rafael-venegas/la-corrupcion-hormiga/

Zuluaga, J. (1996). Cuando la corrupción invade el tejido social. *Nueva Sociedad*, *145*, 148.159. https://nuso.org/articulo/cuando-la-corrupcion-invade-el-tejido-social/

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/10/2020
Aceitação/Acceptance: 30/12/2020

Implementación y evaluación de la transformada Wavelet 2D À trous: usando Intensidad, Luminancia y Value en Matlab para Fusión de Imágenes Satelitales

Javier Medina[1-2], Iván Carrillo[2], Erika Upegui[1]

rmedina@udistrital.edu.co; idcarrillod@correo.udistrital.edu.co; esupeguic@udistrital.edu.co

[1] Proyecto Curricular Ingeniería Catastral y Geodesia, Facultad de ingeniería, Grupo GEFEM, GRSS IEEE UD, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia.

[2] Proyecto Curricular Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia.

Pages: 396-409

Resumen: En este artículo se desarrolla matemáticamente los modelos de color IHS, HSL, y HSV, a los cuales se les aplica la Transformada de Wavelet 2D no decimada (Algoritmo de À trous) usando Matlab con el fin de establecer el mejor modelo de color para fines de fusión de imágenes. Esta implementación se realiza para la fusión de imágenes de satélite con una metodología propuesta en cinco pasos. Una imagen Ikonos (Pancromática - PAN y multiespectral - MULTI) de un sector de la ciudad de Bogotá (Colombia) es utilizada para generar tres imágenes fusionadas, a saber: $MULTI_{INT}$, $MULTI_{LUM}$ y $MULTI_{VAL}$. Con el fin de determinar la eficiencia de la Transformada de Wavelet À trous, las imágenes fusionadas fueron evaluadas tanto en la calidad espacial como espectral a través de cuatro índices, específicamente: índice de correlación, ERGAS, RASE y el índice Q. Los mejores resultados de la evaluación fueron obtenidos por la imagen $MULTI_{VAL}$ que utilizó la componente Value del modelo de color HSV alcanzado correlaciones espectrales superiores a 0.94, un valor del índice Q de 0.94 y los mejores valores de ERGAS y RASE espectral. La imagen $MULT_{VAL}$ preserva la riqueza espectral mejorando su calidad espacial.

Palabras-clave: À trous; Fusión; Imágenes-satelitales; Intensidad, Luminancia; Value; IHS; HSL; HSV.

Implementation and assessment of the Wavelet 2D À trous transform: using Intensity, Luminance and Value in Matlab for Fusion of Satellite Images

Abstract: This article develops mathematically the IHS, HSL, and HSV color models, to which the undecided Wavelet 2D Transform (Trous Algorithm) is applied

using Matlab in order to establish the best color model for image fusion purposes. This implementation is performed for fusing of satellite images with a proposed five-step methodology. An Ikonos image (Panchromatic - PAN and multispectral - MULTI) of a sector of the city of Bogota (Colombia) is used to generate three fused images, specifically: $MULTI_{INT}$, $MULTI_{LUM}$ and $MULTI_{VAL}$. In order to determine the efficiency of the Wavelet Transform, the fused images were evaluated in both spatial and spectral quality across four indexes, namely correlation index, ERGAS, RASE and Q index. The best evaluation results were obtained by the $MULTI_{VAL}$ image that used the Value component of the HSV color model achieved spectral correlations greater than 0.94, a Q index value of 0.94 and the best values of ERGAS and RASE spectral. $MULT_{VA}$L image preserves spectral richness by improving its spatial quality.

Keywords: Àtrous; Satellite-Image; Fusion; Intensity, Luminance; Value; HIS; HSL; HSV.

1. Introducción

La fusión es una respuesta a la frecuente necesidad de procesar imágenes de satélite que necesitan tener en una sola imagen datos de alta resolución espectral (imágenes multiespectrales) y alta resolución espacial (imágenes pancromáticas) provenientes del mismo sensor o de diferentes sensores remotos, para que sean un soporte más efectivo en la toma de decisiones (Alparone, 2007). Con la fusión se obtiene información detallada sobre el medio ambiente urbano y rural, útil para muchas aplicaciones específicas como el ordenamiento territorial, la agricultura, los planes de manejo ambiental, entre otros.

Los procedimientos convencionales de fusión de imágenes están basados en diferentes métodos, tales como la transformación RGB a IHS, Brovey, Multiplicación, Componentes principales, entre otros. Estos métodos no son completamente satisfactorios debido a que degradan la información espectral mientras ganan información espacial. Lo anterior ha promovido, en los últimos años, la experimentación de diferentes procedimientos que usan la transformada de Wavelet en dos dimensiones, dado que degradan en menor valor la riqueza espectral de las imágenes originales multiespectrales (Burrus, 2015; Nievergelt, 1999) mejorando la resolución espacial. Basados en las investigaciones donde se demuestra que la transformada de Wavelet mejora los resultados de la fusión de imágenes satelitales (Nuñez et al., 1999; Medina, Joyanes & Pinilla, 2013) el aporte significativo de la implementación de la Transformada de Wavelet Á trous para la fusión de imágenes satelitales es que permite generar mejores imágenes fusionadas gracias a la forma en que se obtienen los coeficientes resultantes de la transformación (Gonzalo & Lillo-Saavedra, 2008), obteniendo así los planos wavelet que tienen mayor información espacial y espectral de las imágenes originales, la componente intensidad mantiene la riqueza espacial, las componentes tono y saturación, cuando se transforma la composición RGB a IHS (González & Woods, 2008).

Este trabajo se ha centrado en cuatro aspectos. El primer aspecto corresponde al desarrollo matemático de los modelos de color RGB a IHS, RGB a HSL y RGB a HSV. El segundo aspecto se encarga de la implementación de la metodología para la fusión de imágenes satelitales usando la Transformada Wavelet algoritmo de Á trous, la cual se ha implementado con la componente Intensidad. El tercer aspecto es implementar la

transformada À trous con las componentes luminancia y value. Los tres algoritmos se implementan en Matlab. El cuarto corresponde a la comprobación de su rendimiento. La evaluación se realiza comparando el rendimiento de la Transformada Wavelet Á trous (Medina, Pinilla, Joyanes, 2013). La evaluación cualitativa de las imágenes fusionadas obtenidas a través de la Wavelet Á trous, con la Intensidad, Luminancia y Value se realizó con cuatro índices, específicamente, el coeficiente de correlación, el índice RASE, el índice ERGAS, y el índice de calidad universal Q.

2. Modelos de color

Un modelo o espacio de color indica la manera en que un color está definido. Generalmente, un espacio de color está determinado por una base de n vectores, cuyas combinaciones lineales generan todos los elementos del espacio. Entre mayor sea el número de vectores, el espacio comprenderá una mayor cantidad de colores reales. Por mencionar algunos ejemplos (González & Woods, 2008; Foley & Van Dam, 1982): un espacio de una dimensión corresponde a la escala de grises; un espacio de dos dimensiones representa los planos RG, GB y BR que son variedades del amarillo, cian y magenta respectivamente; un espacio tridimensional es el espacio RGB (Red, Green, Blue), HSV (Hue, Saturation, Value), HSI (Hue, Saturation, Intensity) o YIQ (luminance, in-phase, quadrature); un espacio de cuatro dimensiones corresponde al CMYK (Cyan, Magenta, Yellow & Key/Black) ampliamente utilizado en la impresión a color.

Para el procesamiento digital de imágenes, y en especial para la fusión de imágenes de satélite se utiliza la conversión de espacios de color con el fin de inyectar la riqueza espacial de la imagen pancromática, según el modelo, a las componentes de color Intensidad, Luminancia o Value.

2.1. Conversión de RGB a HSI

Usando las bandas B1, B2 y B3 de una imagen multiespectral se transforma a las componentes Intensidad, Tono y Saturación. Los colores del modelo IHS se definen con respecto a los valores normalizados de rojo (r), verde (g) y azul (b), dados en términos de colores RGB primarios (González & Woods, 2008):

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \tag{1}$$

$$g = \frac{G}{(R+G+B)} \tag{2}$$

$$b = \frac{B}{(R+G+B)} \tag{3}$$

Donde R, G y B han sido normalizados para que estén en el intervalo [0,1] y las ecuaciones (1 al 3) también pertenece al intervalo [0,1] y que:

$$r+g+b=1 \tag{4}$$

Los cambios normalizados tienen que satisfacer la ecuación (4) (González & Woods, 2008). Para tres componentes de color arbitrarios R, G y B, todos ellos en el intervalo [0,1], la componente de intensidad (I) en el modelo IHS se define en ecuación 5:

$$I=\frac{1}{3}(R+G+B) \tag{5}$$

La ecuación para H en términos de R, G y B es (ecuación 6)

$$H=\arccos\left(\frac{\frac{1}{2}\left[(R-G)+(R-B)\right]}{\left[(R-G)^2+(R-B)(G-B)\right]^{\frac{1}{2}}}\right) \tag{6}$$

La ecuación 6 da valores de H que están en el intervalo $0^o \le H \le 180^o$, si $b_o > g_o$ simplemente H=360º-H. La ecuación para el tono se expresa en términos de la tangente, empleando la identidad trigonométrica $\cos^{-1}(x)=90^o - \tan^{-1}\left(x/\sqrt{1-x^2}\right)$

La Saturación según el conjunto de valores primarios R, G y B se define en la ecuación 7:

$$S=1-\left(\frac{3}{(R+G+B)}\right)[\min(R,G,B)] \tag{7}$$

De la ecuación 7, H=360º-H, si $(B/I)>(G/I)$. Para poder normalizar el tono en el intervalo [0, 1], se hace $H=H/360^o$.

2.2. Conversión de HSI a RGB

Los valores de HSI se encuentran en el intervalo [0,1] y los componentes valores RGB también en el mismo intervalo. Teniendo en cuenta la condición (González & Woods, 2008) que por definición el sector RG es la región acotada por WP_RP_G, el sector GB es la región acotada WP_GP_B y el sector BR es la región acotada por WP_BP_R, los sectores definidos deben contener los valores dado de H. Para H=360º(H), lo que devuelve el tono al intervalo [0º, 360º], entonces:

Para el sector RG ($0^o<H\le 120^o$) se tiene que los componente normalizados r, g, b son:

$$r=\frac{1}{3}\left[1+\frac{S\cos(H)}{\cos(60^o-H)}\right] \tag{8}$$

$$g=1-(r+b) \tag{9}$$

$$b=\frac{1}{3}(1-S) \tag{10}$$

Para en el sector GB $(120^o < H \leq 240^o)$, H=H-120º los componente normalizados r, g, b son:

$$r = \frac{1}{3}(1 - S) \tag{11}$$

$$g = \frac{1}{3}\left[1 + \frac{S\cos(H)}{\cos(60^o - H)}\right] \tag{12}$$

$$b = 1 - (r + g) \tag{13}$$

Los valores de R, G y B se obtienen de r, g y b, para en el sector BR $(240^o < H \leq 360^o)$: H=H-240º, así:

$$r = 1 - (g + b) \tag{14}$$

$$g = \frac{1}{3}(1 - S) \tag{15}$$

$$b = \frac{1}{3}\left[1 + \frac{S\cos(H)}{\cos(60^o - H)}\right] \tag{16}$$

2.3. Conversión de RGB a HSL o HSV

Según (Foley, Van Dam, 1982), sea (r, g, b) las coordenadas rojas, verdes y azules de un color, y sus valores son números reales entre 0 y 1. Sea *max* el equivalente al valor más grande de r, g, y b. Sea *min* igual al menor de estos valores. Para encontrar el valor de (h, s, l) en el espacio HSL, donde h ∈ [0, 360] grados es el ángulo de tono del ángulo, y s, l ∈ [0,1] son la saturación y el brillo respectivamente.

Luminancia

$$l = \frac{\max + \min}{2} \tag{17}$$

Saturación

$$s = \begin{cases} 0 & si\ l = 0\ o\ \max = \min \\ \dfrac{\max - \min}{\max + \min} = \dfrac{\max - \min}{2l}, & si\ 0 < l < \dfrac{1}{2} \\ \dfrac{\max - \min}{\max + \min} = \dfrac{\max - \min}{2 - 2l}, & si = l > \dfrac{1}{2} \end{cases} \tag{18}$$

Tono

$$h = \begin{cases} 0^o & si \ \max = \min \\ 60^o \times \dfrac{g-b}{\max - \min} + 0^o, & si \ \max = r \ y \ g \geq b \\ 60^o \times \dfrac{g-b}{\max - \min} + 360^o, & si \ \max = r \ y \ g < b \\ 60^o \times \dfrac{b-r}{\max - \min} + 120^o, & si \ \max = g \\ 60^o \times \dfrac{r-g}{\max - \min} + 240^o, & si \ \max = b \end{cases} \quad (19)$$

El valor de h generalmente se normaliza para estar entre 0 y 360 °. Y h = 0 se usa cuando max = min (definido como gris) en lugar de dejar h indefinido.

Los espacios HSL y HSV tienen la misma definición de tono (h) , pero los otros componentes son diferentes. Los valores de s y v de color HSV se definen como sigue:

$$s = \begin{cases} 0 & si \ \ \max = 0 \\ \dfrac{\max - \min}{\max} = 1 - \dfrac{\min}{\max}, & otros \ casos \end{cases} \quad (20)$$

$$v = \max \quad (21)$$

2.4. Conversión de HSL a RGB

Dado un color definido (Foley & Van Dam, 1982) por el valor normalizado de (h, s, l) en el espacio HSL, con h en el rango de valores [0, 360] que indica el ángulo de tonalidad, s y l representan, respectivamente, la saturación y el brillo en el rango de valores [0, 1], correspondientes a los tres colores primarios (r, g, b) en el espacio RGB, estando rojo (r), verde (g), y azul (b) comprendidos en el rango [0, 1], puede calcularse como:

Primero, si s = 0, el color del resultado es acromático o gris. En este caso especial, r, g, y b son todos iguales a l. Tenga en cuenta que el valor de h no está definido en este caso. Cuando s ≠ 0, se puede utilizar el siguiente proceso, (Foley & Van Dam, 1982).:

$$q = \begin{cases} l \times (l+s) & si \ \ l \leq \dfrac{1}{2} \\ l \times (l+s) & si \ \ l \geq \dfrac{1}{2} \end{cases} \quad (22)$$

$p = 2 \times l - q$, $h_k = \dfrac{h}{360}$ (la unidad de h se convierte en [0,1])

$$Color_C = \begin{cases} p + ((q-p)\times 6\times t_C), & si\ \ t_C < \frac{1}{6} \\ q, & si\ \ \frac{1}{6} \le t_C \le \frac{1}{2} \\ p + \left((q-p)\times 6\times \left(\frac{2}{3} - t_C \right) \right), & si\ \ \frac{1}{6} \le t_C \le \frac{1}{2} \\ p, & otros\ \ casos \end{cases} \tag{23}$$

$para\ cada C \in \{R,G,B\}$

2.5. Conversión de HSV a RGB

Del mismo modo que el proceso anterior, dado un color definido (Foley & Van Dam, 1982) por el valor de (h, s, v) en HSV, h con una variación entre 0 y 360°, y s y v saturación y luminosidad respectivamente varian entre 0 y 1, correspondientes a los tres colores primarios (r, g , b) en el espacio RGB se puede calcular como (R, G, y B) los cuales varían entre 0 y 1:

$$h_i = \left\lfloor \frac{h}{60} \right\rfloor,\ p = v\times(1-s),\ q = v\times(1-f\times s)\ \text{y}\ t = v\times(1-(1-f)\times s)$$

Para cada vector de color (r, g, b),

$$(r,g,b) = \begin{cases} (v,t,p), & si\ \ h_i = 0 \\ (q,v,p), & si\ \ h_i = 1 \\ (p,v,t), & si\ \ h_i = 2 \\ (p,q,v), & si\ \ h_i = 3 \\ (t,p,v), & si\ \ h_i = 4 \\ (v,p,q), & si\ \ h_i = 5 \end{cases} \tag{24}$$

3. Algoritmo de À trous para la fusión de imágenes satelitales Ikonos

Dutilleux (1989) propuso el algoritmo basado en la transformada de ondículas calculada mediante el algoritmo de cavidades (À trous), este algoritmo es independiente de la direccionalidad del proceso de filtrado (filtrado isotrópico) y por otro es redundante, en el sentido que, entre dos niveles de degradación consecutivos, no existe una compresión espacial diádica de la imagen original.

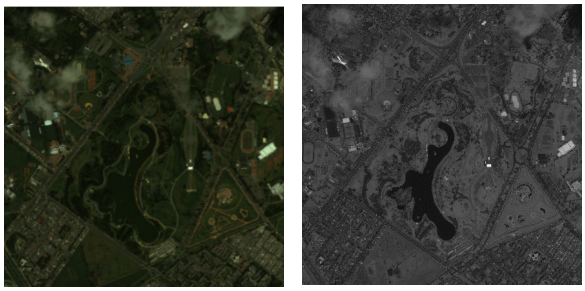
En este caso, el esquema de descomposición de imágenes se representa con un paralelepípedo. La base de éste es también la imagen original de resolución de columnas y filas. Cada nivel del paralelepípedo es una imagen aproximación de la imagen original.

Conforme se asciende de nivel, las sucesivas aproximaciones presentan menor resolución, siendo ésta de 2^n en el nivel N del paralelepípedo ya que también en este caso el factor de degradación es diádico. Cada una de las imágenes aproximación se obtiene aplicando una función de escala. El detalle espacial que se pierde al pasar de la imagen A_2^j a A_2^{j-1} se recoge en una única imagen de coeficientes wavelet, frecuentemente denominada plano wavelet y que se obtiene restando las imágenes original y aproximación. Cuando se aplica la transformación inversa, la imagen aproximación puede reconstruirse sumando a la imagen aproximación el plano wavelet. El algoritmo 'À trous' es invariante a la traslación por lo que todas las imágenes aproximación y todos los planos wavelet resultantes de la descomposición tienen el mismo tamaño que la imagen original. La implementación práctica del algoritmo 'À trous' se realiza empleando un filtro bidimensional de paso bajo asociado a la función de escala, en este caso, una spline bi-cúbica.

4. Metodología e Implementación de la Transformada Wavelet algoritmo de À trous para la fusion de imágenes de satelite WorldView-2

4.1. Zona de Estudio

El área de estudio se localiza en Bogotá (Colombia), específicamente en el sector central y corresponde al Parque Metropolitano Simón Bolívar, es una zona cubierta por una sub imagen Ikonos tanto pancromática (PAN) como multiespectral (MULTI) como se ve en la figura 1. La sub imagen PAN tiene una resolución espacial de uno (1) metro, y fue tomada el 13 de diciembre de 2007; su sistema de referencia corresponde a UTM/ WGS 84. La sub imagen MULTI cuenta con cuatro canales, pero solo tres canales son usados en esta investigación (R-rojo, G-verde y B-azul) y tiene una resolución espacial de cuatro (4) metros; fue adquirida la misma fecha que la PAN y tiene el mismo sistema de referencia. Las dos imágenes fueron recortadas con un ancho de 2048 y un alto de 2048 pixeles, para satisfacer la propiedad Diádica (Nievergelt, 1999; Nuñez et al., 1999).



a) b)

Figura 1 – a) Sub imagen MULTI y b) sub imagen PAN de tamaño 2048x2048 pixeles.

4.2. Implementación de la Transformada Wavelet algoritmomo de Á trous para la fusión de imágenes Ikonos

A continuación, se describen cinco pasos para la implementación del algoritmo À trous con las tres componentes: Intensidad, Luminancia y Value. Para una imagen RGB (Verdadero color)

Paso 1. Registrar una composición a color RGB (verdadero color) de la imagen MULTI con la imagen PAN, usando el mismo tamaño de píxel de esta última (1 metro), luego transformar la imagen RGB en componentes de acuerdo a los modelos de color analizados, a saber: IHS (Intensidad, tono y saturación); HSL (Luminancia, tono y saturación); y HSV (Value, tono y saturación). Se ajusta los histogramas de la imagen PAN y las componentes I, L y V, obteniendo las nuevas componentes I_{ap}, L_{ap} y V_{ap}.

Paso 2. Aplicar el concepto de Transformada Wavelet algoritmo de Á trous a I_{ap}, L_{ap} y V_{ap}, en cada modelo de color, obteniendo de esta manera los planos wavelet donde se almacena la información espacial tanto de I como de L y V. Se obtienen de esta manera los planos wavelet, que corresponden a la resta de las componentes (I_{ap}, L_{ap} y V_{ap}) y el resultado de aplicarles el filtro spline bi-cúbica este proceso se realiza dos veces de esta manera se obtienen los planos W1, W2 de cada componente y cada modelo de color

Paso 3. Generar las nuevas componentes a partir de la suma de las planos wavelet (paso 2) y la componente usada de acuerdo al modelo de color, así: (N-INT=I+W1+W2) para obtener la nueva componente intensidad; (N-LUM=LW1+W2) para obtener la nueva componente luminancia; y (N-VAL=V+W1+W2) para obtener la nueva componente value.

Paso 4. Generar una nueva composición usando las nuevas matrices de los componentes (paso4) de acuerdo al modelo de color, así: IHS (N-IHS), uniendo la N-INT junto con las componentes originales H y S (obtenidas en el paso 1); HSL (N-HSL), uniendo la N-LUM junto con las componentes originales H y S (obtenidas en el paso 1); y HSV (N-HSV), uniendo la N-VAL junto con las componentes originales H y S (obtenidas en el paso 1).

Paso 5. Realizar la transformación inversa desde el modelo de color analizado hacia el RGB, de esta manera se obtiene la nueva imagen multiespectral ($N\text{-}MULTI_i$) para cada modelo, que mantiene la resolución espectral ganando la resolución espacial, de la manera siguiente: IHS a RGB, usando la nueva composición N-IHS; HSL a RGB, usando la nueva composición N-HSL; HSV a RGB, usando la nueva composición N-HSV.

4.3. Evaluación de la efectividad de la implementación de la Transformada Wavelet Á trous para la fusión de imágenes

Para la evaluación y análisis de los resultados de las imágenes fusionadas usando la Wavelet Á trous implementadas, se utilizaron los siguientes índices: coeficiente de correlación (corr), índice RASE (Relative Average Spectral Error), índice ERGAS (Erreur Relative Globale Adimensionallede Synthèse) e índice de calidad universal Q, los cuales se describen a continuación.

1. Coeficiente de correlación (corr)

   La correlación entre las diferentes bandas $corr(A/B)$ de las imágenes fusionadas y las bandas de la imagen original se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$corr(A/B) = \frac{\sum_{j=1}^{npix}\left(A_j - \bar{A}\right)\left(B_J - \bar{B}\right)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{npix}\left(A_j - \bar{A}\right)^2 \sum_{j=1}^{npix}\left(B_j - \bar{B}\right)^2}} \tag{26}$$

   Donde $\bar{A}$ y $\bar{B}$ son los valores de la media de las imágenes correspondientes, $corr(A/B)$ varía entre –1 y +1 y es una cantidad adimensional (ver tabla 1), es decir no depende de las unidades empleadas. El valor ideal de la correlación, tanto espectral como espacial, es 1 (Murray & Larry, 2009).

2. Índice ERGAS

   La evaluación de la calidad de las imágenes fusionadas se ha llevado a cabo mediante los índices ERGAS espectral y espacial (ver tabla 2). La definición de ERGAS espectral (Wald, 2002) viene dada por la ecuación 27:

$$ERGAS_{Espectral} = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}}\sum_{i=1}^{N_{Bandas}}\left[\frac{(RMSE_{Espectral}(Banda^i))^2}{(MULTI^i)^2}\right]} \tag{27}$$

   Donde h y l representan la resolución espacial de las imágenes PAN y $MULTI$; NBandas es el número de bandas de la imagen fusionada; $MULTI^i$ es el valor de la radiancia de la banda $i-ésima$ de imagen MULTI (Wald, 2000) y RMSE será definida como sigue (28):

$$RMSE_{Espectral}(Banda^i) = \frac{1}{NP}\sqrt{\sum_{i=1}^{NP}(MULTI^i(j) - FUS^i(j))^2} \tag{28}$$

   Siendo NP el número de píxeles de la imagen $FUS^i(x,y)$. Adicionalmente, Lillo y su equipo (2005) proponen otro índice, denominado $ERGAS_{Espacial}$ que está inspirado en el índice ERGAS espectral (Lillo-Saavedra, Gonzalo, Arquero, & Martinez, 2005). El objetivo del índice $ERGAS_{Espacial}$ es evaluar la calidad espacial de las imágenes fusionadas, por lo que se define como (29):

$$ERGAS_{Espacial} = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}}\sum_{i=1}^{N_{Bandas}}\left[\frac{(RMSE_{Espacial}(Banda^i))^2}{(PAN^i)^2}\right]} \tag{29}$$

Donde $RMSE_{Espacial}$ es definido como sigue en la ecuación 30:

$$RMSE_{Espacial}(Banda^i) = \frac{1}{NP}\sqrt{\sum_{i=1}^{NP}(PAN^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (30)$$

Los mejores resultados de éstos índices (ERGAS espacial y espectral) se obtienen cuando es más cercano a cero (ver tabla 2).

3. Índice RASE

   El índice RASE se expresa como un porcentaje (ecuación 31), ver resultados en la tabla 2:

$$RASE = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{(RMSE(B_i))^2}{M_i^2}\right]} \quad (31)$$

   Donde h es la resolución de la imagen de alta resolución especial (PAN) y l es la resolución de la imagen de baja resolución espacial (MULTI) (Wald, 2000). Los mejores resultados se obtienen cuanto el porcentaje está más cerca a cero.

4. Índice de calidad universal Q

   Este modelo de índice de calidad identifica cualquier distorsión como una combinación de tres factores: pérdida de correlación, distorsión de luminancia y contraste de distorsión (Wang & Bovink, 2002). El índice se obtiene con la ecuación 32 (ver resultados en tabla 2).

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x\sigma_y}\cdot\frac{2\bar{x}\,\bar{y}}{\left(\bar{x}\right)^2+\left(\bar{y}\right)^2}\cdot\frac{2\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2+\sigma_x^2} \quad (32)$$

   Los mejores valores de este índice se obtienen cuando el valor es más cercano a uno.

5. Resultados y análisis de resultados

Desde el punto de vista cualitativo, visualmente la figura 2 muestra una zona tanto de las imágenes MULTI (fig. 2a) y PAN MULTI (fig. 2b) como de las imágenes fusionadas usando los tres modelos de color (fig. 2c a 2e).

De otra parte, los resultados de la evaluación cuantitativa se presentan en las tablas 1 y 2. La tabla 1 muestra los resultados de la correlación espacial y espectral de las imágenes fusionadas con las Wavelet Á trous con las componentes I, L y V.

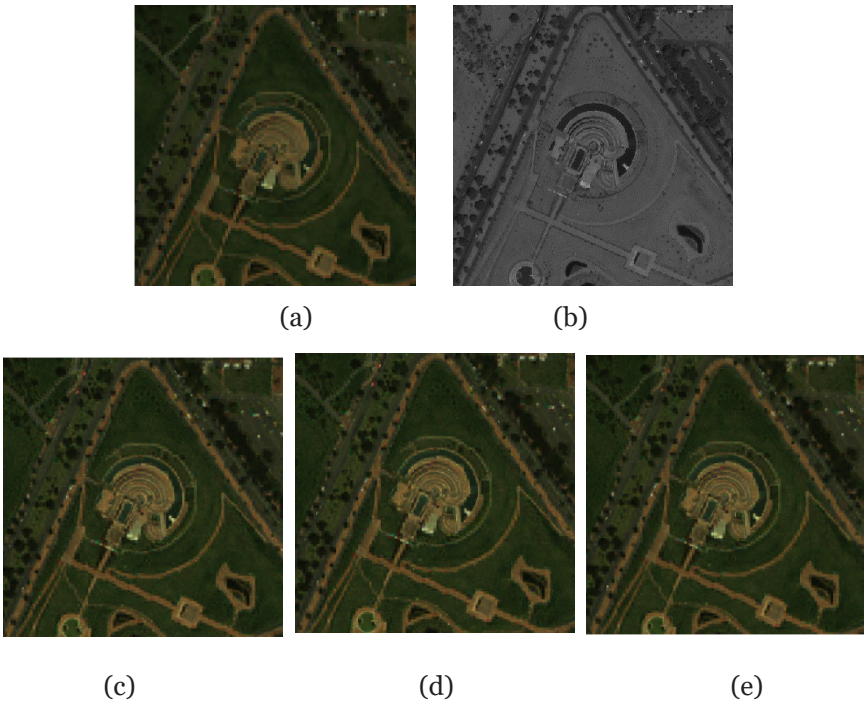


Figura 2 – a) Detalle de la sub-Imagen MULTI, b) Detalle de la sub-Imagen PAN, c) sub-imagen fusionada $MULTI_{INT}$, d) sub-imagen fusionada $MULTI_{LUM}$, e) sub-imagen fusionada $MULTI_{VAL}$.

Imagen fusionada	**corr Espacial**			**corr Espectral**		
	R	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**
$MULTI_{INT}$	***0.63***	***0.70***	***0.59***	*0.94*	*0.93*	0.95
$MULTI_{LUM}$	*0.62*	*0.70*	*0.60*	*0.95*	*0.93*	*0.94*
$MULTI_{VAL}$	*0.62*	*0.69*	*0.58*	***0.95***	***0.94***	***0.96***

Tabla 1 – Evaluación cuantitativa de la calidad de la imagen Ikonos con la correlación espacial y espectral

Analizando los resultados de corr Espacial se evidencia que los máximos valores se obtienen para la imagen $MULTI_{INT}$, en cada uno de las tres bandas (RGB). Respecto al corr Espectral, el valor obtenido más alto se obtiene con la imagen fusionada $MULTI_{VAL}$. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos usando los índices RASE; ERGAS y índice de calidad universal Q, tanto espacial como espectral.

Fusión de Imágenes por	ERGAS Espacial	ERGAS Espectral	RASE Espacial	RASE Espectral	Qu Espacial	Qu Espectral
$MULTI_{INT}$	***12.29***	***6.09***	***12.29%***	***24.74%***	*0.56*	***0.93***
$MULTI_{LUM}$	*12.27*	***6.35***	*12.27%*	***25.03%***	*0.56*	***0.93***
$MULTI_{VAL}$	***12.42***	*5.59*	***12.42%***	*22.66%*	***0.54***	*0.94*

Tabla 2 – Evaluación de la calidad de la sub imagen Ikonos realizada a través de los índices ERGAS, RASE, y de Calidad Universal Q Espacial, Espectral.

Los resultados presentados por el índice ERGAS espacial favorecen a la imagen fusionada $MULTI_{LUM}$ con un valor de 12.27 mientras que el ERGAS espectral da mejor resultado en la imagen $MULTI_{VAL}$ con un valor de 5.59. En lo que respecta el índice RASE espacial y espectral los mejores valores obtenidos se comportan similar al índice ERGAS, es decir mejor RASE espacial para $MULTI_{LUM}$ (12.27 %) y mejor RASE espectral para $MULTI_{VAL}$ (22.66%). Finalmente el índice de Calidad Universal *Qu* especial presenta los mejores valores conjuntamente para $MULTI_{INT}$ y $MULTI_{LUM}$, mientras que espectralmente el mejor resultado es alcanzado por $MULTI_{VAL}$.

6. Conclusiones

Las investigaciones realizadas anteriormente han demostrado que los métodos de fusión de imágenes basados en la transformada de Wavelet algoritmo de Á trous son más adecuados para la fusión de imágenes que los métodos convencionales. La implementación propuesta del desarrollo matemático de los modelos de color IHS, HSL y HSV a los que se les aplica la Transformada Wavelet Á trous permitió generar imágenes fusionadas con imágenes satelitales Ikonos. Los resultados obtenidos del análisis cualitativo (fig. 2) y cuantitativo (tab. 1 y 2) demuestran que los mejores resultados de la fusión de imágenes, que degrada en menor valor la riqueza espectral usando la Transformada Á trous, se obtiene con la componente Value ($MULTI_{VAL}$), ya que ofrece mejores resultados con los índices corr, ERGAS, RASE Q espectrales.

La metodología propuesta permite obtener imágenes fusionadas que ofrecen a los usuarios información detallada sobre los entornos urbanos y rurales, lo cual es útil para aplicaciones como la planificación y la gestión urbana, cuando no se cuenta con imágenes de mejor resolución espacial como por ejemplo adquiridas con drones. Su utilidad se extiende al desarrollo de proyectos en diversos campos como agricultura, hidrología, medioambiente y gestión de emergencias producidas por catástrofes naturales (inundaciones, incendios forestales), entre otros.

Referencias

Alparone, L. Wald, L. Chanussoat, J. Thomas, C. Gamba, P. Bruce, L. (2007). Comparison of Pansharpening Algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S Data Fusion Contest, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.Vol. 45 No. 10. pp 3012-3021.

Burrus, C. (2015, Septiembre 24). Wavelets and Wavelet Transforms. Retrieved from the Web site: http://cnx.org/content/col11454/1.6/.

Dutilleux P. (1989) An Implementation of the "algorithme à trous" to Compute the Wavelet Transform. In: Combes JM., Grossmann A., Tchamitchian P. (eds) Wavelets. Inverse Problems and Theoretical Imaging. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-97177-8_29

Gonzalo Consuelo & Lillo-Saavedra Mario (2008) A directed search algorithm for setting the spectral–spatial quality trade-off of fused images by the wavelet à trous method, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 34:4, 367-375, DOI: 10.5589/m08-041

González, R. C. y Woods, R. E. (2008) *Digital Image Processing*, 3rd. Edition, Prentice Hall. ISBN: 9780131687288.

Foley, J. D., Van Dam A. Fundamentos de gráficos por computadora interactivos. Boston, MA, EUA: Addison-Wesley. (1982). ISBN 0-201-14468-9 .

Lillo-Saavedra, M. Gonzalo, C. Arquero, A. and Martinez, E. (2005). Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 26, pp. 1263-1268.

Nievergelt, Y. (1999). *Wavelets made easy*. Ed Birkhäuser, Boston, 297 p.

Nuñez, J. Otazu, X. Fors, O. Prades, A. Pala, V. Arbiol, R. (1999). Multiresolution-Based Image fusion whit Additive Wavelet Descomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol 37, Nº. 3, pp 1204 -1211.

Medina, J. Pinilla, C. Joyanes, L. (2013). Two-Dimensional Fast Haar Wavelet Transform for Satellite-Image Fusion, *Journal of Applied Remote Sensing*.

Murray, S. R. y Larry J. F. (2009). Estadística, Cuarta edición, (Mc Graw Hill).

Wald, L. (2000). Quality of high resolution synthesized images: is there a simple criterion?, *Proceedings of the third conference "Fusion of Earth data: merging point measurements, raster maps and remotely sensed image"*, pp. 26-28, 2000, T Ranchin and L. Wald Editors, Nice: SEE/URISCA. pp. 99-105.

Wang, Z. & Bovink, A. C. (2002). A Universal Image Quality Index. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. XX, no Y.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/10/2020
Aceitação/Acceptance: 23/12/2020

Sistema de riego para cultivos controlado mediante una aplicación de IoT

Fredys Simanca[1], Jaime Paez[2], Jairo Cortés[3], Edgar Díaz[4], José Palacio[5]

fredys.simanca@campusucc.edu.co; jaime.paez@campusucc.edu.co; jairo.cortes@campusucc.edu.co; edgar.diaz@campusucc.edu.co; jose.palacio@campusucc.edu.co

[1] Universidad Cooperativa de Colombia, Avenida Caracas #37-63, 011011, Bogotá, Colombia.

[2] Universidad Cooperativa de Colombia, Avenida Caracas #37-63, 011011, Bogotá, Colombia.

[3] Universidad Cooperativa de Colombia, Avenida Caracas #37-63, 011011, Bogotá, Colombia.

[4] Universidad Cooperativa de Colombia, Avenida Caracas #37-63, 011011, Bogotá, Colombia.

[5] Universidad Cooperativa de Colombia, Avenida Caracas #37-63, 011011, Bogotá, Colombia.

Pages: 410-423

Resumen: En el sector rural se presentan muchas necesidades y dificultades, en lo concerniente con el manejo y control del agua; recurso importante para la vida y el consumo de seres vivos, muchas veces malgastado en lo que, a riego de cultivos se refiere, adicional general altos costos para la producción en actividades agropecuarias. Pensando en esta problemática, el presente artículo socializa la construcción de un sistema de riego, monitoreado mediante una APP y a través de terminales de acceso a Internet, con una unidad de sensor inalámbrico que se compone de un transceptor de RF, sensores, un microcontrolador, fuentes de alimentación y varias WSU, se logró mediante el uso de estas herramientas tecnológicas, desplegarse en el campo o cultivo agrícola el diseño y configuración de una red de sensores distribuidos controlar 3 válvulas de riego, permitiendo la administración de cada una de ellas, lo que respecta a intensidad de goteo y tiempo de goteo. Lo anterior permite un trabajo más práctico para el agricultor, factor importante para disminuir costos y contribuir a la protección y mejoramiento del manejo del medio ambiente, en lo que respecta al consumo de agua potable para cultivos agrícolas.

Palabras-clave: Sistema de riesgo; agricultura; sensor IoT; riego automático.

Irrigation system for crops controlled by an IoT application

Abstract: In the rural sector there are many needs and difficulties, regarding the management and control of water; An important resource for life and the consumption of living beings, many times wasted in terms of irrigation of crops, additional general high costs for production in agricultural activities. Thinking about this problem, this article socializes the construction of an irrigation system, monitored by means of an APP and through Internet access terminals, with a wireless

sensor unit that is composed of an RF transceiver, sensors, a microcontroller, power supplies and several WSUs, it was achieved through the use of these technological tools, to deploy in the field or agricultural crop the design and configuration of a network of distributed sensors controlling 3 irrigation valves, allowing the administration of each of them, regarding drip intensity and drip time. The above allows a more practical work for the farmer, an important factor to reduce costs and contribute to the protection and improvement of environmental management, with regard to the consumption of drinking water for agricultural crops.

Keywords: Risk system; farming; IoT sensor; automatic watering.

1. Introducción

De acuerdo con los avances tecnológicos, la agricultura está entrando en la vanguardia científica, implementando herramientas que permitan un desarrollo tecnológico de la actividad agropecuaria sostenible, estos procesos se están desarrollando con más determinación en países industrializados, mientras que en los países del tercer mundo se realiza de manera experimental generalmente. El uso de diferentes tecnologías hacia la agricultura es uno de esos esfuerzos de la tecnología de la información que ahora está siendo muy utilizada en esta área de la agricultura (Manisha Bhende, 2015). En la agricultura el tema principal es el cultivo, y mediante análisis de suelo y demás características se puede determinar qué Sistema de Riego es necesario aplicar, de acuerdo a ello es preciso hacer un manejo adecuado del riego, el cual debe entenderse como la combinación óptima entre las necesidades hídricas del cultivo, las características del suelo, medio de transporte y almacenamiento de agua, teniendo en cuenta sus condiciones técnico-económicas y sociales de la parcela (Luis S. Pereira, 2010).

El monitoreo de diferentes parámetros de interés en un cultivo ha demostrado ser una herramienta útil para mejorar la producción agrícola. Como se ha demostrado el monitoreo de cultivos en agricultura de precisión puede lograrse mediante una multiplicidad de tecnologías; teniendo en cuenta que, el uso de redes de sensores inalámbricos (WSN) se da como resultado de implementaciones de bajo costo y bajo consumo de energía, por lo que se convierte en una opción optima (Antonio Javier Garcia Sanchez, 2011).

Según las cifras del Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO., 2017), la agricultura utiliza el 85% de los recursos de agua dulce disponibles en todo el mundo, y este porcentaje seguirá siendo un factor dominante en el consumo de agua debido al crecimiento de la población y al aumento de la demanda de alimentos.

Es necesario crear estrategias, teniendo en cuenta los avances tecnológicos para el uso sostenible del agua, incluyendo mejorar técnicas agronómicas, gerenciales e institucionales. Se entiende que actualmente la implementación de tecnología en los cultivos ha incrementado la productividad de estos, toda vez que permite detectar el proceso de los cultivos, según los datos que se toman con equipos tecnológicos tales como la agricultura de precisión, el manejo de drones para identificar con oportuna implementación la medición de datos con los que se generan valoraciones de los cultivos tratados y, de esta forma prestar una adecuada atención de forma puntual y localizada a los cultivos, situación que de manera manual, no se alcanza a desarrollar

(Adrian Gonzales, 2015). Por otro lado, se ha comprobado que los datos espaciales también conocidos como geográficos, son muy útiles, dado que generan información que identifica la ubicación geográfica de las características y límites en la Tierra, se puede asignar y se almacena como coordenadas y topología, estas Infraestructuras de datos espaciales (SDI) están configurados por países, regiones o continentes para permitir acceso a información geoespacial (Subashini Panchanathan, 2015). Estas herramientas son muy importantes y es necesario tenerlas en cuenta para los proyectos de innovación agrícola como lo es para el diseño del Sistema de Riego riego para cultivos controlado mediante la aplicación de IoT. De lo anterior se puede hacer referencias a sistemas de innovación agrícola como por ejemplo el Dosel remoto a temperatura, para automatizar el riego de siembras de algodón y de maíz utilizando termómetros infrarrojos, el cual, a través de un umbral de temperatura cronometrado, el riego automático se activa una vez que las temperaturas del Dosel exceden el umbral durante cierto tiempo acumulado por día tal como lo detalla Bustamante, Ibarra, & Weiss (2006).

Esta innovación tecnológica ha sido de gran ayuda y ha generado beneficios para el agricultor, toda vez que, anteriormente, cuando el productor del campo agrícola hacia su labor manual, hacia el riego calculando de manera empírica el suministro del líquido, por lo cual no podía tener en cuenta las cantidades de agua que se debían dosificar sobre el suelo sino que únicamente desde la observación simple podía verificar la humedad del suelo, y así saber si estaba bien irrigado o no, así mismo le tocaba revisar en que horas y momentos del día podía hacer el riego, lo cual con el uso de la aplicación queda mejorado y listo para trabajar de manera estandarizada, y teniendo en cuenta que la absorción de agua es el primer paso para la germinación, sin el cual el proceso no puede darse (Doria, 2010), toda vez que durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla, ya que la germinación de semillas es un proceso trifásico que comienza con la rápida absorción inicial de agua (fase I), una fase de meseta con pocos cambios en el contenido de agua (fase II) y un aumento en el contenido de agua que coincide con el crecimiento de la raíz (fase III). (Bradford, 1986). Lo anterior es un proceso que al desarrollarlo de manera manual es dispendioso de analizar, por lo tanto aplicar la tecnología a través de la captura de estos datos bajo un sistema o aplicativo, lo que genera un avance importante para los agricultores colombianos, ya que sumado a la necesidad del cultivador de progresar no solo en su producción, sino también en el avance tecnológico, les permite avanzar toda vez que el desempeño de los cultivadores está directamente relacionado con su dotación de capital humano, que abarca habilidades innatas y aprendidas (Anderson, 2004).

De acuerdo con lo anterior se puede determinar que con el uso de la información sistematizada se consigue monitorear remotamente en línea, a través de una aplicación gráfica y a través de dispositivos de acceso a Internet, y al configurar una red de sensores distribuidos automatizados, que el agricultor o usuario tenga el control de riego para sus cultivos desde cualquier sitio, utilizando una computadora en línea mediante el diseño de una aplicación de IoT para Sistema de Riego, lo que disminuirá el consumo de agua en los cultivos, y así propender con el cuidado del medio ambiente y manejo adecuado de los recursos naturales.

2. Materiales y métodos

Para realizar el Sistema de Riego mediante "AppGarden" fue necesario realizar un análisis adecuado, sobre la información o datos que se debía programar, dado que de estos depende el resultado que genere el Sistema de Riego al utilizarlo en el cultivo, lo anterior por los riegos que se suelen suscitar al llevar a la práctica el sistema, debido a que como en cualquier actividad productiva mejorada, la agricultura de riego puede conducir a la contaminación ambiental si se maneja de manera inadecuada. Cuando la utilización de productos químicos es incompleta o ineficaz, o cuando el agua se aplica en exceso, la escorrentía y la filtración resultantes finalmente terminan en sistemas de drenaje o en la recarga de acuíferos debajo de la tierra cultivada (Hadas, 1999).

El software "*APPGarden*", fue desarrollado y estructurado en dos componentes:

- La programación de los microcontroladores mediante Arduino para el control de las válvulas.
- El desarrollo de la APP en Android Studio para el control de la placa de Arduino y una vista gráfica al usuario.

Se realizó mediante análisis con diferentes metodologías de desarrollo, donde se escogió la metodología Open Up, es una metodología ágil por consiguiente permite adaptar otros procesos fácilmente y al aplicarla se puede reducir las posibilidades de riesgo, permitiendo descubrir errores tempranos a través de los ciclos iterativos de la misma (Valladares, 2010).

Se especificó desde Android Studio todas las funciones de cada botón, campo y demás implementos del software, y se procedió con la construcción de varias clases y métodos que permitieron implementar el código de la aplicación de IoT para Sistema de Riego de manera ágil.

2.1. Arquitectura del Sistema

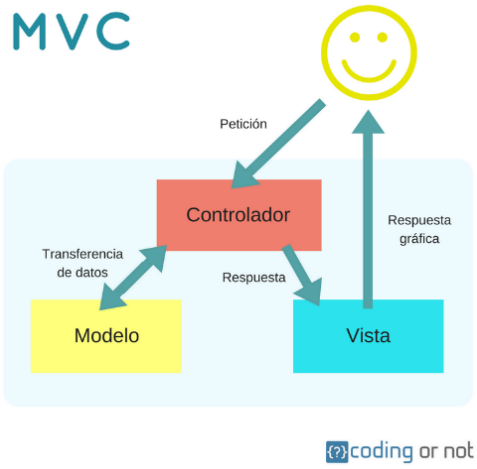


Figura 1 – Arquitectura del Sistema de Riego. Fuente: Tomada del sistema.

El desarrollo de la aplicación móvil se hizo con base al patrón de diseño arquitectónico de software MVC (Figura 1) que sirve para clasificar la información (Arcos Medina, Menéndez, & Vallejo, 2017), la lógica del sistema y la interfaz que se le presenta al usuario. En este tipo de arquitectura existe un sistema central o controlador que gestiona las entradas y la salida del sistema, uno o varios modelos que se encargan de buscar los datos e información necesaria y una interfaz que muestra los resultados al usuario.

Siguiendo el patrón MVC, y teniendo en cuenta que el modelo es la capa que se encarga de toda la lógica es quien hace la representación de los datos que maneja el sistema (Figura 2).

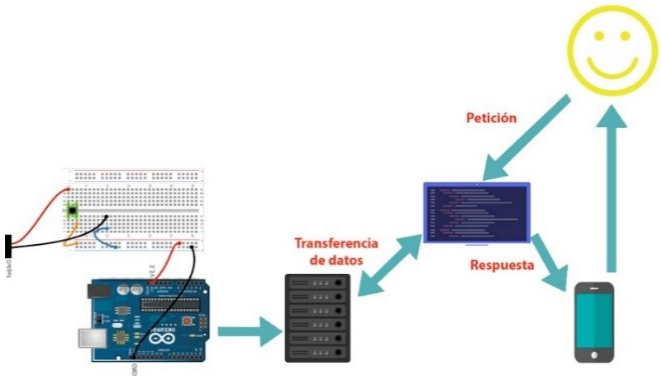


Figure 2 – Representación circuito del Sistema de Riego. Fuente: Propia.

Es importante señalar que, para el riego de superficie, el módulo de requisitos de agua se basa en la determinación de ambos, los requisitos de agua y la frecuencia de riego, sobre la base de las condiciones reales del usuario, que el sistema identifica automáticamente en el momento de iniciar sesión en la plataforma (Carlos I. Flores, 2010). Estos métodos utilizados se desarrollaron mediante un DSS es un sistema computacional interactivo que involucra la formulación e integración de tres componentes principales, una base de datos, un modelo de administrador y una interfaz gráfica de usuario, y puede incorporar los conocimientos de los tomadores de decisiones (Carlos I. Flores, 2010).

Por medio de la aplicación el proyecto más adelante podrá seguir, las cuatro fases específicas de la metodología de desarrollo ágil Open Up que está definida como un proceso de desarrollo extensible a ser utilizado como base, sobre el cual se adapta a contenido de otro proceso que sea necesario y cuyas características son (Zhañay, 2013):

- Open UP
- Desarrollo incremental.
- Uso de casos de uso y escenarios.
- Manejo de riesgos.
- Diseño basado en la arquitectura.

Es comprensible que no todos los usuarios de la APPGarden tenían conocimientos técnicos o tecnológicos suficientes para el manejo de la aplicación, para ello se relacionó

un manual claro para su fácil manejo, se verifico que la práctica es primordial, permitiendo obtener un manejo apropiado de algunas tareas, tal como lo define Ologbon O. A. el nivel educativo de los agricultores no necesariamente contribuye a su producción y eficiencia según lo informado en la literatura (Ologbon O. A. C., 2012), es muy importante su conocimiento innato para el desarrollo agrícola, que se obtiene con la experiencia.

Por lo anterior se dio una explicación detalla mediante el manual del usuario, de cómo usar el sistema de riego ensamblado en EPS8266 y la aplicación APPGarden, para ello se explicó el paso a paso que, debe seguir el usuario para realizar las múltiples conexiones desde el circuito al sistema de electroválvulas, además de informar al usuario de como conectar el anterior con la motobomba para dar paso al flujo de agua. Así mismo como proceder con la respectiva guía de instalación del APK del aplicativo móvil.

3. Resultados

Los resultados se desarrollaron teniendo en cuenta los siguientes procedimientos.

3.1. Requerimientos

- Servicio de hosting o alojamiento web con mínimo 10 gigabytes de almacenamiento, preferiblemente que sea SSD, que tenga mínimo una tasa de transferencia de archivos de 200GB/mes, adicionalmente que cuente con la configuración de un dominio, que este sea ilimitado para cuentas FTP y con acceso a cPanel.
- Versión de Android superior a 4.0 (ICE CREAM SANDIWCH)
- Se requiere que el aplicativo móvil y el circuito estén conectados al mismo entorno de red.
- Se necesita una fuente de alimentación de 12 voltios para el microcontrolador (NodeMCU).
- Se requiere una fuente de alimentación de 110 voltios energizar las electroválvulas.
- Se quiere una pila de reloj para el módulo DS3231.

3.2. Fase de inicio

Se recolectó la información básica con respecto a Sistemas de Riego comunes, se analizó dicha información y se planificaron los requerimientos para establecer un sistema optimo, posteriormente se estableció la necesidad que surgían al desarrollar la aplicación. Posterior a lo anterior se hizo un análisis especifico de las necesidades del sistema, es decir se establecieron materiales, costos, riegos y se planteó un plan de proyecto acorde a la metodología especificada.

Conexión de herramientas del Sistema de Riego

Lo primero que se realizó luego de la construcción mediante herramientas, fue conectar los cables de corriente a las electroválvulas (Figura 3).

Una vez se realizó la conexión anterior, se procedió a conectar las tomas de corriente correspondientes a cada una de las válvulas a la caja de control (Figura 4).



Figura 3 – Conexiones de herramientas del Sistema de Riego. Fuente: propia

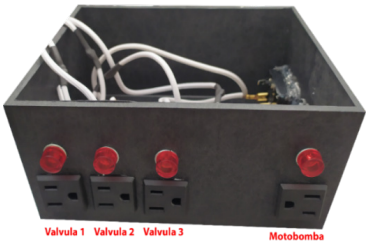


Figura 4 – Caja de Control del Sistema de Riego. Fuente: propia.

3.3. Fase de elaboración de arquitectura del Sistema de Riego

Como lo indica Pérez D.A (Pérez, 2011), en este apartado fue necesario realizar muchas investigaciones para adaptar o escoger un lenguaje de programación optimo, fácil de aprender y comprender, y que se adapte a los costos especificados, se realizaron bosquejos del sistema que se quería implementar junto con el diseño de la aplicación. Así mismo, se planteó trabajar con varios lenguajes: Java, PHP, JavaScript, .Net, pero se decidió hacer un aplicativo web, fue por ello que se escogió Android Studio, que es un entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android.

3.4. Fase de construcción

Se realizaron simulaciones del sistema: se realizó una simulación en MULTISIM del circuito a implementar junto con el funcionamiento de la placa, antes de ensamblarlo físicamente para prevenir errores.

Ensamblaje del Sistema de Riego: se ensamblo el circuito junto con el microcontrolador, junto con las electroválvulas y demás materiales.

Se realizaron las plantillas para el aplicativo: Android Studio presenta una gran variedad de plantillas a implementar, en este caso se prefirió implementar una desde cero con varios campos y botones agradable a la vista y fácil de usar, lo anterior pensando en el usuario final.

3.5. Fase de transición

Implementación del sistema: Se procedió a implementar el circuito ensamblado con el microcontrolador ESP8266, junto con las electroválvulas a un huerto casero para realizar las pruebas de este con el aplicativo.

Prueba beta: Ya formalizado el software se realizó una prueba beta, entregándolo a otros usuarios para que validen su interfaz y su funcionalidad, de acuerdo con la información que se recolecto en esta beta se procedió a realizar cambios en el aplicativo.

Estructura del Circuito

El circuito está compuesto básicamente por tres elementos el primero de ellos es la placa de desarrollo NodeMCU que es la encargada de conectarse al servidor con el fin de escuchar las peticiones que el usuario a enviado a través del aplicativo descargando la información de los archivos (JSON), el siguiente componente que se encuentra en el circuito es un módulo de reloj DS3231 RTC de precisión, ya que cuenta con un oscilador a cristal (TCXO) integrado. Adicionalmente incorpora una batería, para mantener el cronometraje preciso incluso cuando se interrumpe la alimentación principal en el Sistema de Riego. El último elemento que compone el circuito es un Módulo RELE de cuatro canales el cual permite encender o apagar cada una de las electroválvulas por separado durante el tiempo en el que el Módulo de reloj mantenga la señal activa (Figura 5).

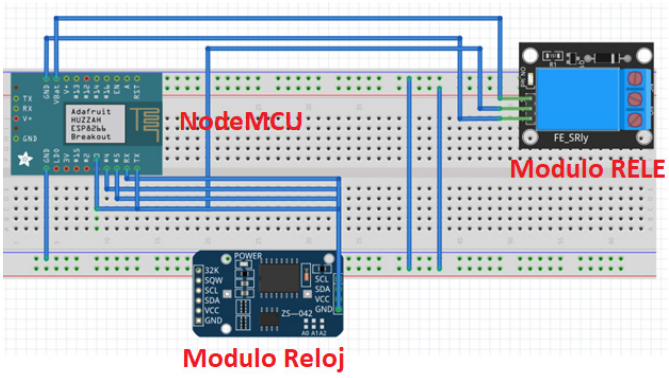


Figura 5 – Estructura del circuito del Sistema de Riego. Fuente: Tomada del sistema.

3.6. Diseño del Componente y base de datos

La aplicación tiene acceso a base de datos y está desarrollada y disponible para su instalación en el sistema operativo para dispositivos móviles (smartphone); Android estudio, la cual utiliza varias librerías que permiten la conexión con el microcontrolador

y a un servidor, el anterior dará respuesta cada 60 segundos a las peticiones establecidas por el usuario, esto gracias a la librería OkHttp que junto al método POST, muy utilizado en PHP, por medio de una variable se envía un parámetro al servidor. Posteriormente este analiza dicha petición creando varios archivos de texto guardando el registro de cada llave, que permitirá la abertura y cerradura de las anteriores, para posteriormente ejercer la petición durante el tiempo especificado.

3.7. Diseño de Interfaz

El desarrollo del APP se realizó en Android Studio, al iniciar la aplicación la cual se llamó "AppGarden", la vista inicial se evidencia en la figura 6.

Para la activación de las válvulas de manera manual, se inicial la aplicación, inmediatamente se cargarán los datos que necesita el Sistema de Riego como las conexiones al servidor. Se debe esperar a que finalice este proceso.

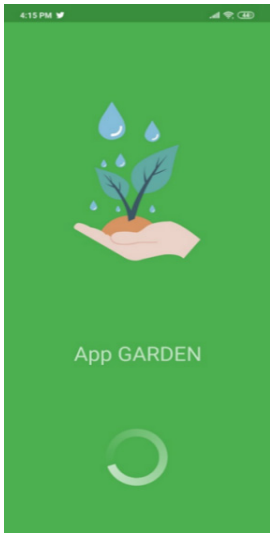


Figura 6 – Activación de válvulas del Sistema de Riego. Fuente: Tomada del sistema.

Una vez se ingresa en este menú lo que se debe hacer es seleccionar la válvula que se desea configurar o parametrizar, luego se ingresa el tiempo deseado para tener abierta la válvula (Figura 7).

Posteriormente se debe dar Clic en el botón que dice "HORA" se deben girar las manecillas hasta conseguir la hora deseada y para finalizar seleccionar los días en que se desee procesar dicha orden y se finaliza dando Clic en el botón que dice "GUARDAR".



Figure 7 – Selección de válvula del Sistema de Riego. Fuente: Tomada del sistema.

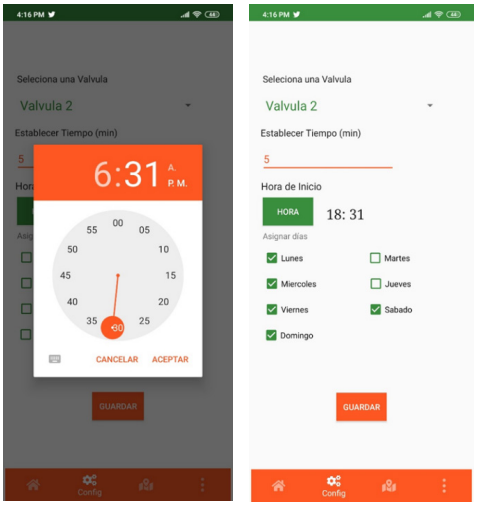


Figura 8 – Selección de Hora del Sistema de Riego. Fuente: Tomada del sistema.

3.8.Matriz de Requerimientos

Para el diseño del sistema se tuvo presente los requerimientos funcionales y no funcionales, y en respuesta a ellos se planteó la solución. En la tabla 1 y 2 se evidencian dichos requerimientos.

No	Requerimiento	Prioridad
1	Permitir la definición, validación, corrección y aceptación de cambios dentro del software	Alta
2	Permitir la definición de cada uno de los atributos.	Alta
3	Permitir la definición de periodos y fechas de control para las diferentes etapas del proceso.	Media
4	Presentar a los usuarios sólo las secciones de trabajo necesarias por cada etapa del proceso.	Media
5	Permitir la consulta de los informes correspondientes.	Media
7	Permitir a un responsable para la administración de las diferentes entidades	Alta
8	Permitir la administración de las diferentes válvulas	Alta
9	Permitir la configuración de nuevas válvulas	Alta
10	Permitir la apertura y cierre de válvulas	Media

Tabla 1 – Requerimientos funcionales.

No	Requerimiento	Prioridad
1	La solución debe de apegarse a los estándares de apariencia de las aplicaciones móviles.	Baja
2	El sistema debe de estar almacenado dentro de la infraestructura de la universidad cooperativa de Colombia, incluyendo repositorio de versiones, servidores de archivos.	Media
3	El sistema debe implementar una bitácora de cambios donde se almacene información de hora, fecha, responsable y detalle de un cambio realizado en cualquier sección del sistema y etapa del proceso.	Media
4	Cumplir con las pruebas establecidas.	Alta
5	Cumplir con las pruebas de calidad establecidas.	Alta

Tabla 2 – Requerimientos no funcionales.

3.9. Implementación del Software

La presente solución se formuló de acuerdo con la problemática encontrada con el fin de darle un buen manejo y control al recurso hídrico en los cultivos de palma Rubelina, para esto se desarrolló una aplicación móvil en Android Studio 3.5.2 con el lenguaje de programación Java y en el diseño de la interfaz gráfica utilizando las etiquetas de XML.

Entorno de Desarrollo (Android Studio)

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android, basado en IntelliJ IDEA. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece incluso más funciones que aumentan tu productividad cuando desarrollas apps para Android.

Pruebas de errores en el código

Se realizaron varias pruebas beta, validando la funcionalidad de este en contextos reales que permitieron validar la interfaz y la funcionalidad. Dichas pruebas permitieron realizar cambios en el diseño y programación del software desarrollado.

La validación del APP y del circuito se realizó mediante la construcción de una maqueta con tres válvulas (Figura 9 y Figura 10).

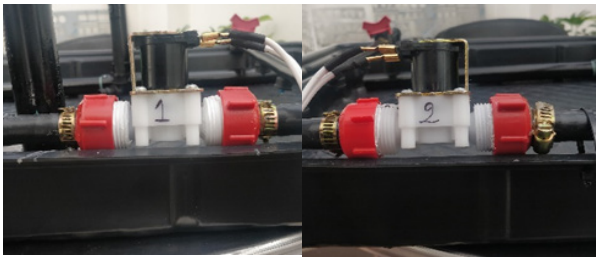


Figura 9 – Válvulas del Sistema de Riego. Fuente: propia.

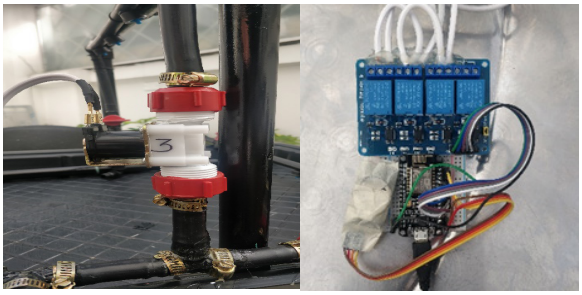


Figura 10 – Válvulas del Sistema de Riego. Fuente: propia.

Se realizaron pruebas sobre la funcionalidad del APP y su conexión con el circuito electrónico que administra las válvulas. Estas se hicieron sobre la maqueta construida.

En consecuencia, a lo anterior, los resultados obtenidos, permitieron verificar que el usuario final logro mejorar el Sistema de Riego en sus cultivos, toda vez que pudo suministrar el riego y gestión del agua, reduciendo el desperdicio de esta, haciendo más sostenible el proceso de producción. Todo lo anterior con un buen manejo de la aplicación de Sistema de Riego, lo cual le suministro además la información suficiente y en tiempo real, para la toma de decisiones con respecto a la actividad agrícola.

4. Conclusiones

Este proyecto permitió demostrar, que el productor se enfrenta a una serie de dificultades cuando realiza el riego de cultivos agrícolas, se podría enumerar varios factores como:

el tiempo, la cantidad de agua que debe suministrar, la evapotranspiración, y otros que inciden directamente en el cuidado de un cultivo. Lo cual hace que el trabajo desarrollado por los mismos sea una tarea dispendiosa y con un proceso mayor de tiempo. Sin embargo, con el desarrollo de este proyecto, se pudo verificar que el uso de la información sistematizada a través de un diseño de Sistema de Riego para cultivos, el cual se puede monitorear remotamente en línea a través de una aplicación gráfica, y a través de dispositivos de acceso a Internet con una unidad de sensor inalámbrico que se compone de un transceptor de RF, sensores, un microcontrolador y fuentes de alimentación, herramientas tecnológicas que hicieron posible controlar el riego del cultivo mediante la APP de IoT "APP Garden", permitiendo disminuir en gran cantidad el desperdicio de agua, factor importante para disminuir costos y contribuir a la protección del medio ambiente y el mejoramiento del manejo de los recursos naturales.

Teniendo en cuenta que la agricultura es uno de esos dominios donde los sensores y sus redes se utilizan con éxito para obtener numerosos beneficios. La agricultura ha jugado un papel clave en el desarrollo de la civilización humana. Debido al aumento y demanda de alimentos, la gente está tratando de poner esfuerzos adicionales y Técnicas especiales para multiplicar la producción de alimentos (Manisha Bhende, 2015). Lo anterior permite un trabajo más práctico para los campos agrícolas, dispuestos a mejorar su actividad, para lograr competir a una escala mayor en el mundo globalizado, que no da espera al avance tecnológico.

Sin embargo, aún es necesario crear estrategias en los países menos industrializados teniendo en cuenta los avances tecnológicos, para el uso sostenible del agua, incluyendo mejoras técnicas, agronómicas, gerenciales e institucionales.

Referencias

Adrian Gonzales, G. A. (12 de Noviembre de 2015). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. Bogotá, Colombia.

Anderson, J. a. (2004). Agricultural Extension Services: Good Intentions and World Bank Research Observer.

Antonio Javier Garcia Sanchez, F. G. (2011). Wireless sensor network deployment for integrating video-surveillance and data-monitoring in precision agriculture over distributed crops. Computers and Electronics in Agriculture, 288-303. doi: https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.12.005

Arcos Medina, G., Menéndez, J., & Vallejo, J. (2017). Comparative Study of Performance and Productivity of MVC and MVVM design patterns. Simposio Iberoamericano en Programación Informática. Riobamba.

Bongiovanni, R. (2006). Econometría Espacial Aplicada a la Agricultura de Precisión. Actualidad Económica. 9-28. Obtenido de https://revistas.unc.edu.ar/index.php/acteconomica/article/view/3921

Bradford, K. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. 21, 1105-1112.

Carlos I. Flores, E. A. (2010). Un Sistema de Soporte Dinámico de Decisión para la Gestión del Agua Predial en Riego Superficial: Desarrollo y Aplicación del Modelo. Revista Chilena de Investigación Agrícola 70, 70(2).

Carlos I. Flores, E. A. (2010). Un sistema dinámico de soporte de decisiones para la gestión del agua de la granja en el riego de superficie: desarrollo y aplicación de modelos. Revista chilena de investigación agropecuaria. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000200011

Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1), 74-85. doi:http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf

FAO. (2017). Nuevas realidades de la agricultura en el mundo. Coleccionables. UN Press. Nueva York, Estados Unidos de América: UN Press.

Hadas, A. B. (1999). practices, soil fertility management modes and resultant nitrogen leaching rates under semi-arid conditions. Agr.Water Manage, 81-95.

Luis S. Pereira, J. A. (Marzo de 2010). El riego y sus Tecnologías. CEER-CREA-UCLM. Albacete, España: CREA-UCLM.

Manisha Bhende, S. W. (2015). Comparative analysis of topology control algorithms. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10(2), 759.

Manisha Bhende, S. W. (2015). Comparative analysis of topology control algorithms. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10(2), 759.

Ologbon O. A. C., Y. S. (2012). Economics of weed control practices on rice farms. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 7(7), 508.

Pérez, D. A. (2011). Metodología del disfrute: Cinco habilidades a desarrollar en el proceso. doi: http://oa.upm.es/1154

Subashini Panchanathan, A. L. (20115). MyGeo-Explorer: a semantic search tool for querying geospatial information. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 10(23), 18012.

Valladares, O. S. (2010). Metodología Open Up extendido para desarrollo de proyectos de business intelligence. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/upeu/310

Waldo Ojeda Bustamante, E. S. (Noviembre de 2006). Programación Integral del Riego del Maíz, en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia 40: 13-25. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Zhañay, D. H. (2013). Desarrollo e implementación de un sistema de control de mantenimiento de equipos, mediante Java Server Faces-Glassfish y MySql con metodología Open up, para el departamneto técnico data market de Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2152

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/10/2020
Aceitação/Acceptance: 02/12/2020

Definición de criterios de accesibilidad mínima para la construcción de aplicaciones web

Gabriel Elías Chanchí G.[1], Wilmar Yesid Campo M.[2], Jorge-Luis Pérez-Medina[3]

gchanchig@unicartagena.edu.co; wycampo@uniquindio.edu.co; jorge.perez.medina@udla.edu.ec

[1]Universidad de Cartagena, Avenida del Consulado, Calle 30 No. 39B - 192, 130001, Cartagena de Indias, Colombia.

[2]Universidad del Quindío, Cra. 15 Cll 12 norte, 630004, Armenia, Colombia.

[3]Universidad de Las Américas, Av. de los Granados E12-41y Colimes, 170125, Quito, Ecuador.

Pages: 424-436

Resumen: A partir de la necesidad de incrementar el número de usuarios que acceden y consumen de manera adecuada los contenidos de la web, en este artículo se propone como aporte un conjunto de criterios de accesibilidad mínima obtenidos a partir de la Norma Técnica Colombiana NTC 5854, los cuales pretender servir de apoyo a diseñadores y desarrolladores de cara a empezar a vincular la accesibilidad en el proceso de desarrollo de aplicaciones web. Adicionalmente, una herramienta para la conducción de inspecciones de accesibilidad fue construida, la cual permite el análisis estadístico y gráfico de los resultados de la inspección, de tal forma que permite identificar de manera más sencilla los principios y criterios de accesibilidad que no se cumplen de manera adecuada en un portal web. Como estudio de caso se realizó una inspección de accesibilidad sobre el portal de la Alcaldía de Popayán, teniendo en cuenta los criterios definidos y la herramienta implementada.

Palabras-clave: Accesibilidad, accesibilidad web, inspección, NTC 5854.

Definition of minimum accessibility criteria for the construction of web applications

Abstract: Based on the need to increase the number of users who access and consume the contents of the web in an adequate way, in this article we propose as a contribution a set of minimum accessibility criteria obtained from the Colombian Technical Standard NTC 5854, which aim to support designers and developers to start including accessibility in the web application development process. Additionally, a tool for conducting accessibility inspections was built, which allows the statistical and graphic analysis of the inspection results, so that it is easier to identify the accessibility principles and criteria that are not adequately met in a web portal. As a case study, an accessibility inspection was carried out on the portal of the Popayán mayor's office, taking into account the defined criteria and the implemented tool.

Keywords: Accessibility, inspection, NTC 5854, web accessibility.

1. Introducción

Con el crecimiento en el número de aplicaciones desplegadas en la nube, temáticas como la usabilidad y la accesibilidad se han convertido en fundamentales de cara a garantizar el diseño centrado en el usuario, el cual permita a un mayor número de personas percibir, entender, navegar e interactuar con los contenidos de la web (Acosta-Vargas et al., 2020; Chanchí et al., 2019; Riaño et al., 2018). A pesar de lo anterior, los productos software desarrollados por las empresas han sido enfocados en usuarios promedio, dejando al margen a usuarios con diferentes diversidades funcionales. En este sentido, la accesibilidad busca que diferentes tipos de usuarios puedan percibir, entender e interactuar con un producto software, de manera independiente a su diversidad funcional o contexto de uso (Angarita et al., 2020; Pérez et al., 2019; Revilla & Carreras, 2018)

En el caso particular de la web, la accesibilidad puede definirse como la medida en la que un sitio web puede ser usado por personas de una población con diversa gama de características y capacidades para lograr un objetivo específico en un contexto de uso específico (Agüero et al., 2017; Pintos, 2014; Riaño Herrera & Ballesteros Ricaurte, 2014). En el contexto colombiano, en 2011 el ICONTEC publicó la norma NTC 5854, la cual define un conjunto de pautas de accesibilidad para diseño de aplicaciones web, asociadas a los cuatro principios de la norma: perceptible, operable, comprensible y robusto. Del mismo modo, esta norma categoriza las diferentes pautas en tres niveles de conformidad (A, AA, AAA), los cuales son útiles para garantizar el cumplimiento de la accesibilidad de un sitio web de manera mínima, mediana o completa (ICONTEC, 2011; Idrobo et al., 2017; Pérez et al., 2018).

A pesar de lo anterior, la norma NTC 5854 no ha sido ampliamente difundida entre desarrolladores, ni en las empresas del desarrollo de software dado que no es de acceso libre, ni es fácilmente legible (Idrobo et al., 2017; Paniagua L. et al., 2020). A partir de lo anterior, en este artículo se propone como contribución un conjunto de criterios para dar cumplimiento a las pautas de accesibilidad mínima para el diseño y construcción de aplicaciones web provistas por la norma de norma NTC 5854. Se han escogido los criterios de accesibilidad mínima (A), considerando que pueden resultar de mayor interés para empresas del campo de desarrollo de software, desarrolladores y otras empresas que cuenten con productos digitales de cara a facilitar la incorporación progresiva de la estrategia propuesta en la ley de transparencia liderada por el gobierno nacional (MinTIC, 2014).

De manera adicional, en el presente artículo se propuso como contribución el desarrollo de una herramienta para la ejecución de inspecciones de accesibilidad, teniendo en cuenta los criterios de accesibilidad mínima definidos. Un método inspección de usabilidad y/o accesibilidad es una técnica que permite la detección de problemas de diseño en el software, teniendo en cuenta un conjunto de principios, pautas y criterios (Enriquez & Casas, 2013). La herramienta propuesta, fue desarrollada en el lenguaje Java y permite la generación de un análisis estadístico y gráfico de las inspecciones realizadas. Finalmente, los criterios definidos y la herramienta desarrollada pretenden servir de apoyo en cuanto a la difusión de los principios de la norma NTC 5854 y el diseño mínimamente accesible de aplicaciones web.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta la metodología empleada en este trabajo; en la sección 3 se presentan un conjunto de conceptos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este trabajo; en la sección 4 se presentan los criterios de accesibilidad propuestos en este artículo; en la sección 5 se describe una herramienta que se desarrolló para la evaluación de accesibilidad a partir de los criterios definidos; en la sección 6 se muestra un estudio de caso desarrollado mediante los criterios y la herramienta desarrollada; finalmente en la sección 7 de presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados de esta investigación.

2. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se propusieron cuatro fases a saber: exploración de la norma NTC 5854, definición de criterios de accesibilidad mínima, construcción de la herramienta de inspección y finalmente estudio de caso. Las anteriores fases son presentadas en la Figura 1.

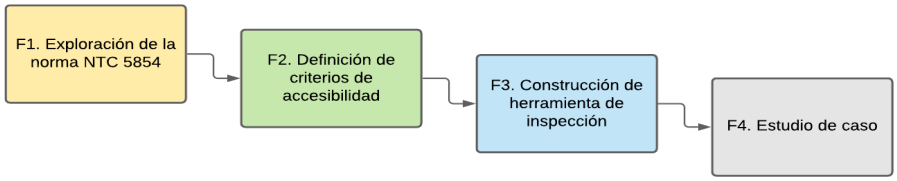


Figura 1 – Metodología Considerada

En primera instancia se exploraron los diferentes principios y pautas de la norma NTC 5854 con el fin de identificar el alcance de aquellas pautas asociadas a los niveles de conformidad de accesibilidad mínima (A). A partir de la exploración de la norma, se definieron un conjunto de criterios en términos de pregunta por cada principio, con el fin de determinar el cumplimiento mínimo de la accesibilidad en páginas web. Usando los criterios definidos, se construyó mediante el lenguaje Java una herramienta para la conducción de inspecciones de accesibilidad en páginas web. Finalmente, con el fin de verificar la pertinencia de los criterios definidos, se condujo una inspección de accesibilidad sobre el portal de la alcaldía de Popayán, Colombia.

3. Marco Conceptual

En esta sección se presentan un conjunto de conceptos que se consideraron para el desarrollo del presente trabajo. Dentro de estos conceptos se encuentran: accesibilidad web y norma NTC 5854.

3.1. Accesibilidad Web

La accesibilidad web permite que personas con algún tipo de diversidad funcional puedan hacer uso de manera adecuada de los diferentes contenidos de la web. En

específico al hablar de accesibilidad se hace referencia a un diseño web que permite que este tipo de usuarios específicos puedan percibir, entender, navegar e interactuar con la web. La accesibilidad web también beneficia a otras personas, incluyendo personas de edad avanzada que han visto mermadas sus habilidades a consecuencia de la edad. En este sentido, la accesibilidad web engloba varios tipos de diversidades funcionales, incluyendo problemas visuales, auditivos, físicos, cognitivos, neurológicos y del habla (Alonso, 2007; Henry, 2005).

3.2. Norma NTC 5854

La NTC 5854 es una norma para la accesibilidad web cuyo objetivo es promover que el contenido de los portales web sea accesible. Esta norma fue desarrollada a partir de las pautas de accesibilidad para contenido web (WCAG 2.0) propuesta por el consorcio W3C y contempla cuatro principios a saber: perceptible, operable, comprensible y robusto. Esta norma pretende que el contenido de la web sea accesible a personas con distintas diversidades funcionales, permitiendo que estas pueden percibir, entender, navegar, interactuar y contribuir con los sitios web. En el principio perceptible, la información y todos los componentes de la interfaz de usuario deben presentarse a los usuarios, de modo que ellos puedan percibirlos a través de diferentes alternativas. En el principio operable, los componentes de la interfaz de usuario y la navegación deber ser sencillos de operar y poderse realizar mediante el teclado. En cuanto al principio comprensible, la información, la disposición de los elementos en pantalla y el manejo de la interfaz de usuario deben ser fáciles de entender para el usuario. En lo que respecta al principio robusto, el contenido debe poderse interpretar de forma adecuada en una amplia variedad de aplicaciones de usuario (ICONTEC, 2011; Pérez et al., 2019).

4. Definición de Criterios

En la Tabla 1 se presentan los diferentes criterios de accesibilidad definidos y adaptados a partir de la exploración de la norma NTC 5854 y a partir de la guía de accesibilidad para la norma WCAG 2.0 propuesta en (Benavidez & Benavidez, 2010). Estos criterios fueron organizados de acuerdo a cada uno de los cuatro principios de accesibilidad de la norma.

5. Herramienta de Inspección

A partir de los criterios definidos en la sección anterior, se desarrolló en el lenguaje Java una herramienta para la inspección de la accesibilidad mínima en aplicaciones web. La herramienta construida permite evaluar los diferentes criterios asociados los cuatro principios de la norma NTC 5854, así como analizar estadística y gráficamente los resultados de la inspección. La herramienta desarrollada cuenta con un total de diez pestañas, de las cuales las cuatro primeras permiten la valoración de cada uno de los criterios definidos por cada principio de la norma. Esta valoración puede variar entre 0 y 5, donde 0 corresponde al incumplimiento del criterio en el portal web y 5 representa el cumplimiento total del criterio. Adicionalmente, es posible escoger la opción N/A en caso que el criterio no aplique en el portal web.

Principio	Pauta	Criterio Definido
Perceptible	Alternativas textuales	¿En qué medida los contenidos no textuales (audio, video, imágenes) está disponible en forma de texto?
	Medios tempo-dependientes	¿En qué medida los contenidos de solo audio disponibles en el portal cuentan con una alternativa que presente información equivalente (texto, imágenes)? ¿En qué grado los contenidos de solo video disponibles en el portal cuentan con una alternativa que presente información equivalente (texto, pista sonora, imágenes)? ¿En qué grado los contenidos de video y las presentaciones multimedia alojados en el portal web incluyen subtítulos? ¿En qué medida las presentaciones visuales cuentan con un audio descripción que permita comprender la información presentada en estas? ¿En qué grado la audio descripción proporciona información acerca de todas las acciones, personajes, cambios de escena y textos que aparezcan en pantalla y son relevantes?
	Adaptable	¿En qué medida el lenguaje de marcado empleado en los contenidos del sitio permite diferenciar la estructura y las relaciones entre los diferentes elementos del mismo? ¿En qué grado se han utilizado diferentes etiquetas HTML para diferenciar, los títulos, los párrafos, las listas de opciones?
	Secuencia significativa	¿En qué grado el texto de las páginas del sitio permite que las aplicaciones de usuario puedan proporcionar una presentación alternativa del contenido preservando el orden de lectura? ¿En qué medida se ha hecho uso adecuado de las etiquetas HTML para facilitar la presentación del texto de forma alternativa en las aplicaciones de usuario? En qué grado se ha evitado que las instrucciones para entender y operar el contenido dependan de la forma, el tamaño y la ubicación de los componentes del sitio web?
	Distinguible	¿En qué grado en las diferentes páginas del portal web se ha evitado el uso del color como único medio para indicar una acción, transmitir una acción o distinguir un elemento visual? ¿En caso que el portal web cuente con sonido de fondo, en qué grado es posible pausar o detener el audio? ¿En caso que el portal cuente con sonido de fondo, en qué medida se provee un mecanismo para cambiar el volumen del audio?.

Principio	Pauta	Criterio Definido
Operable	Accesible por teclado	¿En qué grado es posible navegar y operar toda la funcionalidad del sitio mediante el uso del teclado o una interfaz de teclado? ¿En qué medida el portal web no requiere de una determinada velocidad para cada pulsación individual de una tecla? ¿En qué medida es posible mover o quitar el foco de un componente usando el teclado o una interfaz de teclado?
	Tiempo suficiente	¿En qué medida los usuarios pueden completar una tarea de manera adecuada sin que haya cambios en el contexto, los cuales son resultado de un límite de tiempo? ¿En qué grado es posible controlar (apagar, ajustar el tiempo, extender) el contenido dependiente del tiempo dentro del sitio web? ¿En qué medida la información que tiene movimiento, parpadeo o se desplaza en pantalla (más de 5 segundos de duración) puede ser pausada, detenida u ocultada? ¿En qué medida la información que se actualiza de manera automática (se inicia de manera automática o se presenta en paralelo con otro contenido) puede ser pausada, detenida u ocultada? ¿En qué medida es posible controlar el tiempo de actualización de la información que cambia de manera automática (se inicia de manera automática o se presenta en paralelo con otro contenido)?
	Convulsiones	¿En qué grado se ha evitado el uso de contenidos o animaciones que destellen más de 3 veces por segundo? ¿En qué medida se ha evitado el uso de más de 3 destellos rojos (par de transiciones opuestas que involucran un rojo saturado) por segundo?
	Navegable	¿En qué medida se ha evitado el uso de bloques de contenido repetido (enlaces de navegación, gráficos de cabecera, marcos de publicidad) en las diferentes páginas del sitio? ¿En qué grado las páginas web del sitio cuentan con un título? ¿En qué medida el título de las páginas web describe el propósito del contenido presentado en estas? ¿En qué medida la navegación por las páginas del sitio mediante el teclado, permite que el orden del foco sea lógico y coherente? ¿En qué medida el texto de los enlaces es claro y describe el propósito de los mismos?

Principio	Pauta	Criterio Definido
Comprensible	Legible	¿En qué medida en las páginas web del sitio se ha especificado en el lenguaje de marcado el idioma de la página? ¿En qué grado los lectores de pantalla del cliente pueden cargar las reglas de pronunciación de manera adecuada? ¿En qué medida los navegadores pueden mostrar los caracteres y scripts de manera correcta? ¿En qué grado los reproductores multimedia pueden mostrar los subtítulos de manera correcta?
	Predecible	¿En qué grado se ha evitado que los diferentes componentes realicen un cambio en el contexto al recibir el foco? ¿En qué medida la entrada de datos o la selección de un control de formulario tiene efectos que son previsibles para el usuario? ¿En caso de ocurrir un cambio en el contexto al realizar un cambio sobre un componente del portal web, el usuario es notificado de dicho cambio?
	Entrada de datos asistida	¿En qué medida al detectar un error en la entrada de datos, el error es identificado y descrito al usuario de manera clara? ¿En qué medida las páginas web que requieren el ingreso de información por parte del usuario, proporcionan instrucciones simples? ¿En qué medida los formularios de las diferentes páginas web cuentan con un texto que indica el formato y/o el tipo de dato que recibe una entrada?
Robusto	Compatible	¿En qué grado las etiquetas de marcado HTML de las diferentes páginas web del sitio están completas (etiqueta de apertura y cierre completas)? ¿En qué grado los elementos del lenguaje de marcado HTML están anidados de acuerdo a las especificaciones? ¿En qué medida se ha evitado el uso de atributos duplicados o con ID repetido en las etiquetas del lenguaje de marcado? ¿En qué grado las aplicaciones de usuario pueden interpretar y procesar el contenido de las páginas del sitio de manera adecuada?
	Nombre, Función, Valor	¿En qué medida en las diferentes etiquetas del lenguaje HTML se hace uso adecuado de las propiedades y atributos de los componentes asociados al nombre, la funcionalidad y el valor que pueden tomar? ¿En qué grado los estados, propiedades y valores de los diferentes componentes HTML del portal web pueden ser obtenidos por las aplicaciones de usuario?

Tabla 1 – Definición de algunos estilos

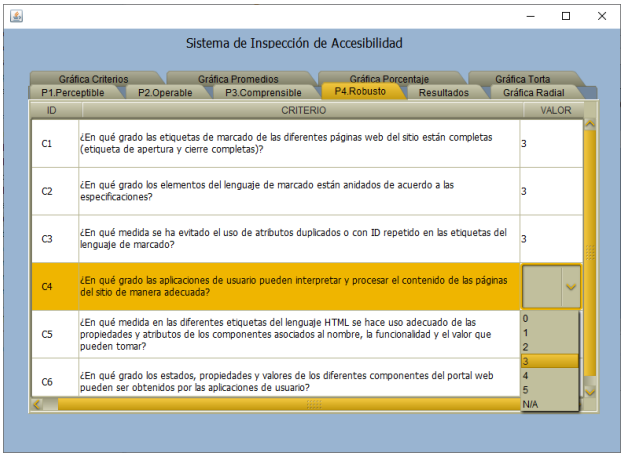


Figura 2 – Interfaz Principal de la Herramienta

Una vez inspeccionados y evaluados los diferentes criterios asociados a los cuatro principios de accesibilidad de la norma, es posible visualizar el promedio obtenido en las valoraciones realizadas a cada uno de los criterios definidos por principio (ver Figura 3). Así a modo de ejemplo, en la Figura 3 se muestran los resultados de una inspección de prueba en la que el principio robusto tiene una valoración promedio de 1.167, mientras que el principio operable tiene una valoración promedio de 2.933. Del mismo modo, la Figura 3 muestra como promedio general un valor correspondiente a 2.336, lo que equivale a un porcentaje de cumplimiento para la inspección de prueba de 46.72%.



Figura 3 – Pestaña de Resultados

Adicionalmente, la herramienta propuesta permite obtener diferentes tipos de gráficas con los resultados de la inspección, dentro de las que se encuentran: gráfica radial general, gráfica radial por principio, gráfica de barras con las evaluaciones promedio de cada principio, gráfica de barras con los porcentajes de cumplimiento y gráfica de torta con la distribución porcentual de cada principio. Así, en la Figura 4 se presenta la pestaña de gráfica radial general asociada a los resultados de la inspección de prueba presentados en la Figura 3. Estas gráficas radiales permiten visualizar el grado de cumplimiento de cada uno de los principios de la norma, de tal modo que entre mayor área de cobertura tenga la gráfica sobre los cuadrantes, es mayor la accesibilidad del portal web evaluado. De este modo en la gráfica radial de la Figura 4, se observa que aunque la valoración promedio de todos los principios está por debajo de 3, la valoración del principio robusto hace que la gráfica no se extienda en mejor medida sobre el eje x.

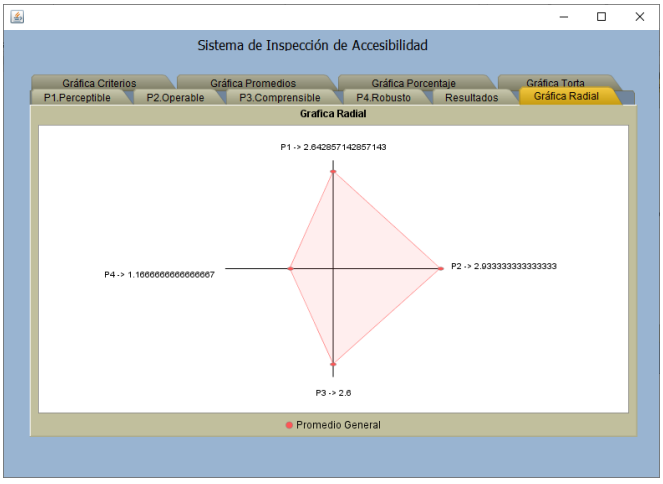


Figura 4 – Pestaña de “Gráfica Radial”



Figura 5 – Portal de la Alcaldía de Popayán

6. Estudio de Caso

Como medio de verificación de la utilidad de los criterios definidos en la sección 3, se hizo uso de la herramienta propuesta en la sección 4 para la conducción de una inspección de la accesibilidad mínima sobre el portal web de la Alcaldía de Popayán (ver Figura 5).

A partir de la inspección realizada sobre el portal web de la Alcaldía de Popayán, en la Figura 6 se muestra el gráfico radial resultante, obtenido a mediante el uso de la herramienta propuesta.

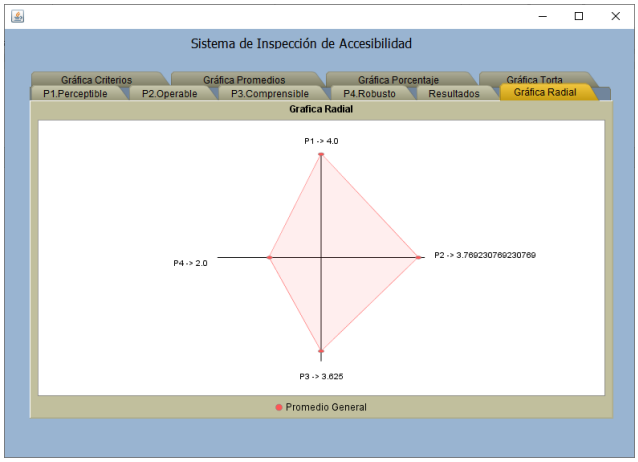


Figura 6 – Gráfica Radial de la Inspección

Tal como se muestra en la Figura 6, el principio que se cumple en menor medida es el robusto con una valoración promedio de 2.0, mientras que el principio que mejor se cumple es el perceptible con una valoración general de 4.0. Por su parte el sitio de la Alcaldía de Popayán tuvo en promedio una valoración general de accesibilidad de 3.349 y un porcentaje de cumplimiento de accesibilidad del 66.7%. Lo anterior puede evidenciarse de manera más clara en la Tabla 2, donde se presentan las valoraciones obtenidas y un conjunto de recomendaciones por principio.

Principio	Valoración	Recomendación
Perceptible	4.0	Se sugiere incluir alternativas textuales a las diferentes fotos y videos disponibles en el portal. Se sugiere no hacer uso del color como único medio para indicar las acciones sobre el menú superior animado.
Operable	3.769	Se recomienda no incluir el componente de visualización de mensajes de twitter, el cual hace que el foco de la página quede atrapado. Se sugiere incluir un mecanismo que permita pausar, detener u ocultar la información en movimiento del sitio.

Principio	Valoración	Recomendación
Comprensible	3.625	Se sugiere evitar que los menús realicen acciones al pasar el ratón sobre sus opciones. Se recomienda indicar en los formularios de manera clara el tipo de dato a ingresar. Se sugiere indicar claramente el error cometido al ingresar los diferentes datos en los formularios.
Robusto	2.0	Se recomienda abrir y cerrar las etiquetas HTML del portal web. Se sugiere evitar el uso de atributos con id duplicados dentro del portal web. Se sugiere usar de manera correcta los atributos y propiedades de las etiquetas HTML, de tal forma que describan el nombre, la funcionalidad y el valor.

Tabla 2 – Recomendaciones obtenidas

7. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este artículo se propusieron un conjunto de criterios para el cumplimiento de las pautas de accesibilidad mínima en portales web a partir de la norma NTC 5854, los cuales pueden ser de interés para las empresas y los desarrolladores del sector software de cara a ampliar el número de usuarios que acceden a los contenidos de la web y dar cumplimiento a la normatividad acceso equitativo a la información definida por el gobierno para Colombia.

A partir del estudio de caso desarrollado en la presente investigación, es posible concluir que el principio que menos se cumple dentro del portal web de la alcaldía de Popayán es el Robusto. En este sentido la mayoría de los problemas encontrados están relacionados con la estructura de las etiquetas HTML, lo cual puede ser ocasionado por el uso de gestores de contenido en el proceso de construcción de las aplicaciones web.

La herramienta propuesta en este artículo para la inspección de accesibilidad tiene como ventaja la obtención de resultados estadísticos y gráficos relacionados con el cumplimiento de la accesibilidad mínima en diferentes tipos de aplicaciones web. En este sentido uno de los principales aportes de la herramienta es el uso de gráficas de tipo radial, las cuales permiten evidenciar de manera más clara el cumplimiento de los principios y criterios de accesibilidad mínima web.

Como trabajo futuro derivado de la presente investigación, se pretende adaptar y complementar los criterios de accesibilidad propuestos en este artículo teniendo en cuenta la nueva norma de accesibilidad internacional WCAG 2.1, con el fin de contribuir con la articulación progresiva de esta norma al contexto colombiano.

Referencias

Acosta-Vargas, P., Lujan-Mora, S., & Salvador-Ullauri, L. (2020). Evaluación de la accesibilidad web en institutos acreditados de educación superior del Ecuador. *Revista Espacios*, *41*(4), 5. https://doi.org/10.1109/ITHET.2017.8067808

Agüero, A. L., Guzmán, A. E., Gramajo, S. C., & Varas, V. D. (2017). Beneficios e implementación de accesibilidad web en la plataforma EVA UNLaR. *Revista Virtu@lmente*, *5*(1), 69–85. https://doi.org/10.21158/2357514x.v5.n1.2017.1863

Alonso, F. (2007). Algo más que suprimir barreras: conceptos y argumentos para una accesibilidad universal. *Trans. Revista de Traductología*, *11*, 15–30. https://doi.org/10.24310/trans.2007.v0i11.3095

Angarita, R. D., Fernández, F., Niño, J., Duarte, J., & Gutiérrez, G. (2020). Accesibilidad de las revistas colombianas del área de humanidades bajo las pautas WCAG 2.1. *Revista Espacios*, *41*(04), 18.

Chanchí, G. E., Acosta-Vargas, P., & Campo-Muuñoz, W. Y. (2019). Construcción de recursos educativos para la temática de accesibilidad en el curso de interacción humano computador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E23*, 171–183.

Enriquez, J. G., & Casas, S. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informe Científico Técnico UNPA*, *5*(2), 25–47. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123524&info=resumen&idioma=SPA

Henry, S. (2005). *Introducción a la Accesibilidad Web*. W3C - Web Accessibility Initiative. https://www.w3c.es/Traducciones/es/WAI/intro/accessibility

ICONTEC. (2011). *Norma NTC5854*.

Idrobo, C. S., Idrobo, M. I., Chanchí, G. E., & Vidal, M. I. (2017). Accessibility guide for the design and implementation of websites according to the NTC 5854 standard. *Communications in Computer and Information Science*, *735*, 572–585. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66562-7_41

MinTIC. (2014). *LEY 1712 "POR MEDIO DE LA CUAL SE CREA LA LEY DE TRANSPARENCIA Y DEL DERECHO DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBUCA NACIONAL y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES."* https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-7147_documento.pdf

Paniagua L., A., Bedoya R., D., & Mera, C. (2020). Un método para la evaluación de la accesibilidad y la usabilidad en aplicaciones móviles. *TecnoLógicas*, *23*(48), 99–117. https://doi.org/10.22430/22565337.1553

Pérez, D., Chanchí, G. E., & Vidal, M. I. (2019). Propuesta de un test heurístico de accesibilidad para sitios web basados en la norma NTC 5854. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, *E17*, 170–182. https://search.proquest.com/docview/2195127304?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true

Pérez, D., Vidal, M. I., & Chanchí, G. E. (2018). Identificación de problemas de accesibilidad en juegos serios. *Revista Colombiana de Computación*, *19*(2), 24–36. https://doi.org/10.29375/25392115.3440

Pintos, J. (2014). *Aplicación de técnicas de usabilidad y accesibilidad en el entorno cliente. FCD0210*. IC EDITORIAL.

Revilla, O., & Carreras, O. (2018). *Libro de Accesibilidad Web. WCAG 2.1, ARIA y PDFs accesibles*. Itakora Press. http://wcag2madeeasy.com/libro-accesibilidad-web.html

Riaño Herrera, J. A., & Ballesteros Ricaurte, J. A. (2014). Aspectos y normas de accesibilidad web. *Ingenierías USBMed*, *5*(2), 26–32. https://doi.org/10.21500/20275846.308

Riaño, J., Ballesteros-Ricuarte, J., & Medina, C. (2018). Proceso de validación nivel de accesibilidad web en sitios del Gobierno en línea del estado Colombiano. *Revista Espacios*, *39*(48), 8. https://www.revistaespacios.com/a18v39n48/a18v39n48p08.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 24/09/2020
Aceitação/Acceptance: 15/11/2020

Implementación y evaluación del cambio de temperatura por erupciones volcánicas usando Google Earth Engine: Volcán Galeras Nariño - Colombia

Nicolás Luna[1], Javier Medina[2]

fnlunaa@correo.udistrital.edu.co; rmedina@udistrital.edu.co

[1-2] Proyecto Curricular Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia.

Pages: 437-447

Resumen: Los factores actuales para las predicciones de erupciones volcánicas en Colombia se basan en estudios sismológicos y meteorológicos. Se realizan por medio de monitoreo permanente directamente en el terreno, mediante sismógrafos o barómetros, entre otros. Así mismo, el estudio de los cambios de temperatura superficial en las zonas de influencia de los edificios volcánicos permite inferir y describir la influencia de su actividad sobre esta variable ambiental. La reciente tecnología llamada Google Earth Engine permite acceder y procesar información espacial con el fin de detectar variables climáticas de manera sencilla y en pocas líneas de código. Este proyecto tiene como objetivo mostrar los cambios de temperatura superficial en la erupción registrada para Galeras el 2 de enero de 2010, usando el procesamiento de datos satelitales MODIS en el departamento de Nariño (Colombia).

Palabras-clave: Edificios volcánicos; Galeras; Google Earth Engine; MODIS; temperatura superficial.

Implementation and assessment of temperature change due to volcanic eruptions using Google Earth Engine: Galeras Volcano Nariño - Colombia

Abstract: Current factors for volcanic eruption predictions in Colombia are based on seismological and meteorological studies. They are carried out through permanent monitoring directly on the ground, using seismographs or barometers, among others. Likewise, the study of surface temperature changes in the areas of influence of volcanic buildings allows inferring and describe the influence of their activity on this environmental variable. The recent technology called Google Earth Engine permits accessing and processing spatial information in order to detect climatic variables in a simple way and in a few lines of code. This project aims to show the surface temperature changes in the eruption recorded for Galeras on January 2, 2010, using MODIS satellite data processing in the Nariño area (Colombia).

Keywords: Galeras; Google Earth Engine; land surface temperature; MODIS; volcanic buildings.

1. Introducción

En Colombia se encuentran actualmente activos 20 volcanes que están ubicados cerca de importantes centros urbanos y rurales, en los cuales la población y sus principales actividades económicas (industrias y producción agropecuaria) se sitúan sobre las zonas de riesgo, según se observa en el geoportal del Servicio Geológico Colombiano (SGC) https://www2.sgc.gov.co/volcanes/index.html.

El geoportal mencionado, también permite identificar la cantidad de estructuras volcánicas distribuidas a través de la cordillera de Los Andes, fue gracias a esta información que el departamento de Nariño fue seleccionado para realizar esta investigación por su alta actividad en este tipo de riesgo natural. Así mismo, los reportes de variaciones de los niveles de alerta generados por el SGC, dan una descripción detallada de los tiempos y magnitudes de los movimientos de subsuelo en esta área.

Al encontrarse varios de los volcanes en Nariño actualmente activos y con factores importantes de riesgo como son: flujos de lava, flujos piroclásticos y lahares (Paredes, 2019), es de interés para la sociedad científica colaborar por medio de la implementación de datos satelitales, en la descripción estructural de los edificios volcánicos y los modelos que mejor detallan la temperatura superficial.

La temperatura superficial terrestre (LST) hace parte del balance energético de la tierra, fuertemente relacionado con los flujos de calor en la atmósfera. Esta variable es utilizada en diferentes aplicaciones relacionadas con la evaluación de las condiciones de la superficie terrestre, incluido el mapeo de microclimas urbanos, estimación de evotranspiración en gestiones de recursos hídricos y evaluación del estrés en la vegetación (Tran, Pla, Latorre-Carmona, Myint, Caetano & Kieu, 2017).

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) tiene la capacidad de proporcionar información de estimaciones de la temperatura superficial a grandes escalas que son particularmente apropiados para estudios regionales. Existen varios algoritmos para el cálculo de esta variable climática (Vlassova, Perez-Caballero, Nieto, Martín, Riaño & de la Riva, 2014), sin embargo estos requieren que el usuario ingrese datos de entrada y coeficientes de calibración (Jiménez, Prigent, Ermida & Moncet, 2017). Así mismo, algunos de estos datos espaciales se encuentran disponibles en línea pero para su uso y procesamiento requieren de grandes espacios de almacenamiento y tecnologías de punta que reduzcan los tiempos de extracción de la información (Parastatidis, Mitraka, Chrysoulakis & Abrams, 2017).

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma provista por Google Inc. que permite a los usuarios de teledetección manipular grandes volúmenes de información sin el uso de máquinas con altas especificaciones tecnológicas. El producto MOD11A2 se encuentra

disponible en esta plataforma junto con información atmosférica y de reflectancia de la superficie, quienes hicieron posible el cálculo de la temperatura superficial por medio de líneas de código que la interfaz de GEE también ofrece.

A partir de lo anterior, el presente artículo expone la información a partir de una descripción del área de estudio, seguida de una exploración detallada de los materiales y métodos empleados en el marco de la investigación. Finalmente, se presenta la sección de resultados y las conclusiones a las que fue posible llegar.

2. Antecedentes

La implementación de imágenes satelitales en el descubrimiento de patrones espaciales ambientales, han hecho que se propongan diferentes metodologías o procedimientos de acuerdo de la resolución espacial, temporal y espectral de cada producto. Actualmente en el mercado se encuentra una gran variedad de tipos de imágenes, así como portales o software especializado para su manipulación, análisis y despliegue. A continuación se va a mostrar las principales características del satélite que produce las imágenes procesadas junto con la plataforma donde se procesó y extrajo la temperatura superficial terrestre para Galeras ubicado en el departamento de Nariño.

2.1. Google Earth Engine

GGE es una plataforma de análisis y visualización de recursos espaciales para usuarios académicos y sin fines de lucro. Este servidor de Google Inc. almacena una gran cantidad de imágenes satelitales de diferentes programas aeroespaciales como Landsata, MODIS y Sentinel, entre otros, organizadas según sus fechas de captura. En adición su interfaz gráfica permite a los usuarios realizar análisis de la información satelital por medio de líneas de código en JavaScript o Python.

La figura 1 muestra la interfaz de GEE la cual esta dividida en 5 bloques principales.

1. El buscador de lugares u información raster o vector alojada en los repositorios de Google Inc.
2. Administrador de datos que van a ser utilizados en el procesamiento de información. En este bloque el usuario puede obtener ejemplos de código, los paquetes de datos alojados y la opción de subir información propia.
3. En el editor de código se escriben las líneas de programación en lenguaje JavaScript o Python. Se puede cargar código alojado en una URL, escribir código y ejecutarlo.
4. Inspector de características de los datos y consola de salidas gráficas, así mismo, administrador de tareas del código.
5. Mapa con la información que desea ser mostrada. Este bloque incluye algunas herramientas geométricas, como paneo, zoom, dibujo de geometrías y administración de las capas desplegadas.

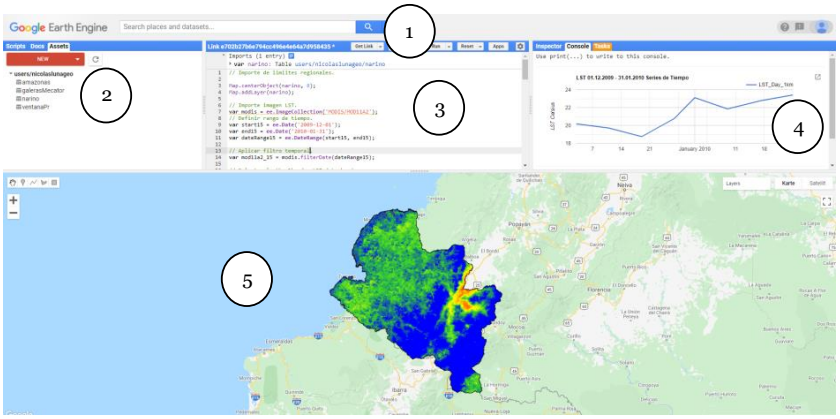


Figura 1 – Interfaz Google Earth Engine.

2.2. MODIS

MODIS es un instrumento clave a bordo de los satélites Terra (EOS AM) y Aqua (EOS PM). El satélite Terra órbita alrededor de la tierra de norte a sur en horas de la mañana, mientras que Aqua pasa de sur a norte en horas de la tarde. Terra MODIS y Aqua MODIS sobrevuelan la superficie de la tierra entera cada 1 o 2 días, la adquisición de datos se registra en 36 bandas espectrales o grupos de longitudes de onda. MODIS está desempeñando un papel vital en el desarrollo de modelos de sistemas de la tierra, capaces de predecir el cambio global con precisión suficiente para ayudar a los responsables políticos a tomar decisiones acertadas sobre la protección del medio ambiente (Salomonson, Barnes, Maymon, Montgomery & Ostrow, 1989).

El instrumento MODIS ofrece una alta sensibilidad radiométrica (12 bits) en 36 bandas espectrales que varían en longitud de onda de 0,4 µm, a 14,4 µm. Las respuestas son personalizadas adaptadas a las necesidades individuales de la comunidad de usuarios. Dos bandas se visualizan con una resolución nominal de 250 m en el nadir, cinco bandas de 500 m, y las bandas restantes (29) veintinueve, a 1 km. A ± 55 grados de exploración en la órbita EOS a 705 km, se consigue capturar una franja 2.330 km y ofrece una cobertura global cada uno o dos días.

Los productos de MODIS vienen de la información suministrada por las dos misiones satelitales de la NASA, Terra y Aqua, y en general las especificaciones técnicas de estos satélites son iguales, la diferencia radica en el momento de obtención de los datos superficiales, como se explicó anteriormente TERRA realiza la captura en horas de la mañana y AQUA en las horas de la tarde, por esta razón la inercia térmica, capacidad de los materiales de absorber y entregar calor, de AQUA será mayor.

3. Materiales y Métodos

A continuación, se presenta la descripción de los datos y procesos que se emplearon en el análisis y obtención de resultados de la investigación. Estos conceptos permiten equipar al lector con las herramientas necesarias para la interpretación de los análisis finales.

3.1. Área de Estudio

La figura 2 presenta la topografía variada del departamento de Nariño; hacia el Oeste cuenta con altitudes de 0 metros sobre el nivel del mar en las playas de San Andrés de Tumaco y hacia el Este significativas montañas junto con conos volcánicos de alto interés por la cercanía a centros poblados, como Galeras en San Juan de Pasto (CORPONARIÑO, 2016).

Clima

Según los registros publicados por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) la temperatura promedio anual del departamento de Nariño es de 13,3 °C, la visibilidad es de 10 km, la humedad de 60% a 88% y en promedio tiene 211 días lluviosos al año (IDEAM, 2015).

Suelos

En el departamento de Nariño se encuentran suelos de tipo IV de clima frío originados por depósitos de lava mezclados con ceniza volcánica, van de profundos a superficiales, bien drenados y con buena retención de humedad. Así mismo, se encuentran suelos tipo VI que son de clima frío a medio, bien drenados y con fertilidad de baja a moderada (IGAC, 2019).

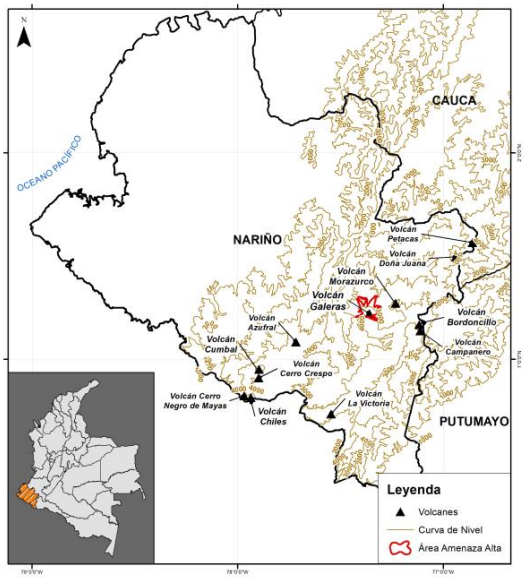


Figura 2 – Localización volcán Galeras, Municipio de San Juan de Pasto Departamento de Nariño COLOMBIA. Fuente: Elaboración propia a partir de planchas IGAC 1:500.000.

Geomorfología

El departamento de Nariño presenta tres tipos de relieves, ondulado y fuertemente ondulado con pendientes entre 7% y 12% localizados en la cabecera, fuertemente

quebrado en las partes bajas de las quebradas de Chorrillo y Maragato, y escarpado y muy escarpado, pendientes de 25 % a 50 %, en las veredas de Chorrillo, Yunguillo y Caldera (SGC, 2015) y derecha de 4 centímetros.

3.2. MOD11A2

El producto MOD11A2 facilita la temperatura y emisividad en la superficie terrestre (LST & E) promedio de 8 días por píxel con una resolución espacial de 1 kilómetro (km). Cada valor de píxel en MOD11A2 es un promedio simple de todos los píxeles LST de MOD11A1 correspondientes recopilados dentro del periodo de 8 días. Se seleccionó el período de composición de 8 días porque el doble de ese período es el período exacto de repetición de la trayectoria terrestre de las plataformas Terra y Aqua. Junto con las bandas de temperatura de la superficie terrestre de día y noche, se encuentran las evaluaciones de control de calidad, los tiempos de observación, los ángulos cenitales de vista y las coberturas de cielo despejado y con las bandas 31 y 32 de emisividades de los tipos de cobertura terrestre (Wan, 2007).

3.3. Descripción del Algoritmo

Como se mencionó anteriormente, MOD11A2 es el promedio de la temperatura en la superficie terrestre obtenida diariamente en el producto MOD11A1. Sin embargo, para obtenerse MOD11A1 es necesario realizar un algoritmo que incluye la participación de productos base del sistema MODIS. MOD21KM proporciona la emisividad en las bandas 31 (11.3 μm) y 32(μm) de acuerdo al tipo de cobertura terrestre que proporciona MOD12Q1 y cobertura de nieve por MOD10_L2. Así mismo, el algoritmo requiere el enmascaramiento de la nubosidad que proporciona MOD35_L2, datos de geolocalización del sensor provistos por MOD03 y temperatura atmosférica de MOD07_L2 (Wan, 2007).

4. Resultados

Luego de cargada la capa de limitación administrativa del departamento de Nariño y del área de interés del volcán Galeras, se incluyeron en el código del editor como variables para posteriormente ser usadas. Este código también incluyó los productos MOD11A2 que proporcionaran las imágenes con los valores promedio de temperatura superficial terrestre en el periodo seleccionado. Debido a que los reportes mensuales de actividad volcánica en Galeras evidenció un evento eruptivo el 2 de enero de 2010, se seleccionaron los meses de diciembre 2009 y enero 2010 como temporalidad para el desarrollo ejecutado.

La figura 3 muestra la salida final de la temperatura superficial terrestres promedio del departamento de Nariño para los meses antes mencionados junto con el área de interés donde se encuentran ubicadas las zonas de amenaza de Galeras.

La plataforma GGE permite el uso de lenguaje JavaScrit, por esta razón fue posible la generación de la curva de incremento y decrecimiento de la temperatura para antes y después de la erupción. La figura 4 muestra el gráfico de los valores promedio de temperatura superficial terrestre en el departamento de Nariño en diciembre 2009 y enero 2010. Cabe recalcar que la erupción reportada por el SGC fue el día 2 de enero de 2010 a las 7:43 p.m.

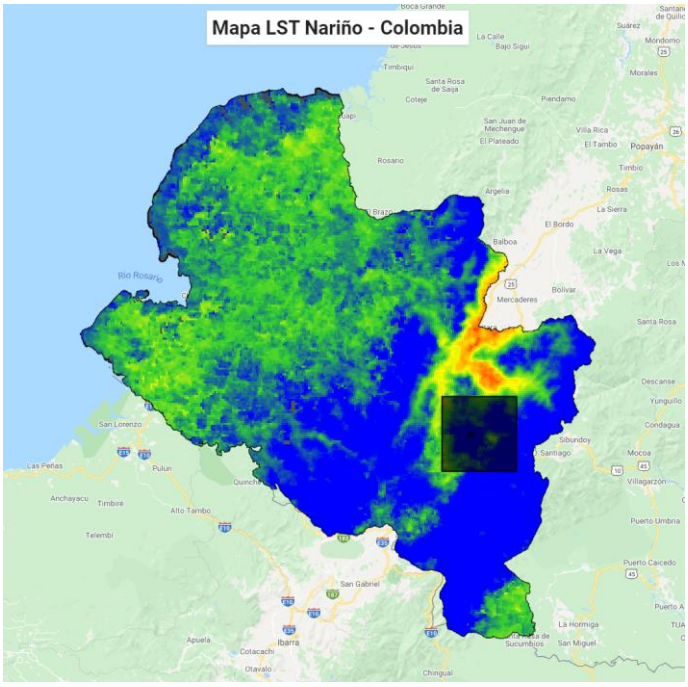


Figura 3 – Temperatura Superficial Terrestre Promedio de Diciembre 2009 y Enero 2010 en el Departamento de Nariño. Fuente: Elaboración propia en GGE.

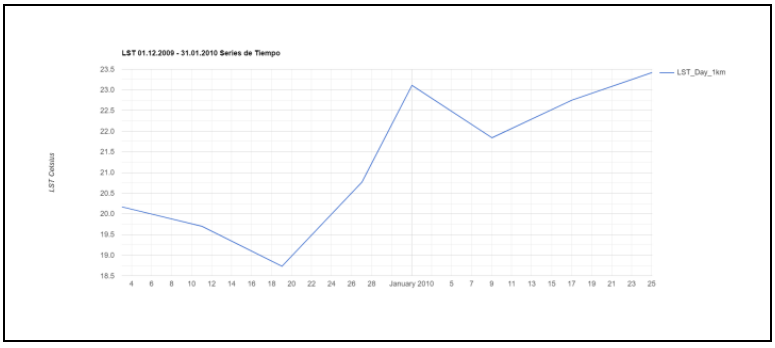


Figura 4 – Perfil de Temperatura Superficial Terrestre Promedio de Diciembre 2009 y Enero 2010 en el Departamento de Nariño. Fuente: Elaboración propia en GGE.

Teniendo como partida el registro de LST para el departamento de Nariño en el periodo de estudio, se realizó un análisis de los resultados a nivel local en el área de influencia del volcán Galeras.

Fecha	LST
03.12.2009	20.168
11.12.2009	19.698
19.12.2009	18.731
27.12.2009	20.768
01.01.2010	23.109
09.01.2010	21.840
17.01.2010	22.751
25.01.2010	23.419

Tabla 1 – Temperatura Superficial Terrestre Departamento Nariño Diciembre 2009 – Enero 2010.

La figura 5 muestra los valores de LST para Galeras, el área de estudio fue determinada a partir de la zonificación de alta, media y baja amenaza del análisis del SGC.

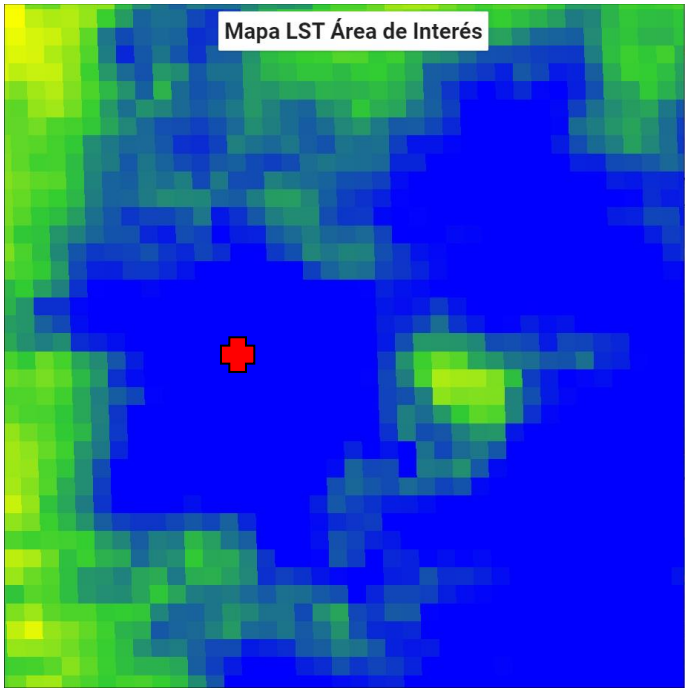


Figura 5 – Temperatura Superficial Terrestre Promedio del 20 de Diciembre 2009 al 10 de Enero 2010 en el Área de Alta Amenaza de Galeras. Fuente: Elaboración propia en GGE.

Con el fin de conocer si el valor alto el 1 de enero de 2010 se tiene alguna relación con el área de influencia del volcán Galeras, la figura 6 muestra la curva de actividad termal en

la zona 10 días antes y 10 después de la erupción. Se encuentra un valor bastante similar al reportado por todo el departamento anteriormente, 23.074°C.

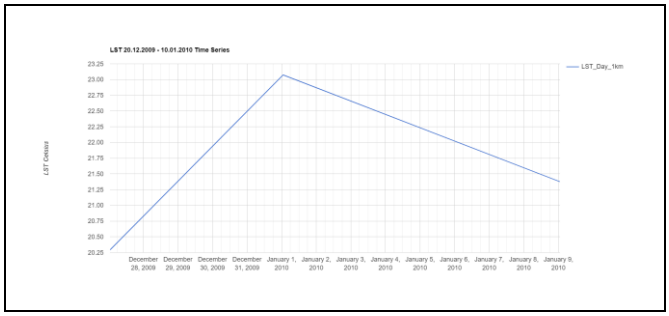


Figura 6 – Perfil de Temperatura Superficial Terrestre Promedio del 20 de Diciembre 2009 al 10 de Enero 2010 en el Área de Alta Amenaza de Galeras. Fuente: Elaboración propia en GGE.

Fecha	LST
27.12.2009	20.293
01.01.2010	23.074
09.01.2010	21.376

Tabla 2 – Temperatura Superficial Terrestre Temperatura Superficial Terrestre Promedio de Diciembre 2009 al 10 de Enero 2010 en el Área de Alta Amenaza de Galeras.

Sin embargo, al revisar el comportamiento de la temperatura en la zona de interés para un periodo similar al analizado en el departamento entero. Diciembre 2009 y enero 2010, se encuentra que hay un pico en la curva un poco mayor para el día 9 de enero de 2010. La figura 7 muestra ambos picos, 23.074°C y 23.219°C, en el perfil de temperatura para el 1 y 17 de enero 2010, respectivamente.

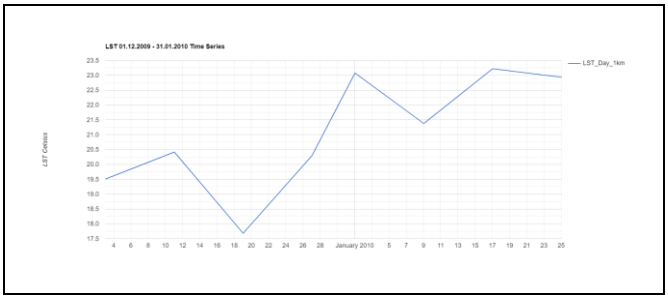


Figura 7 – Perfil de Temperatura Superficial Terrestre Promedio de Diciembre 2009 y Enero 2010 en el Área de Alta Amenaza de Galeras. Fuente: Elaboración propia en GGE.

5. Conclusiones

La temperatura superficial terrestre representa claramente el cambio climático entre el periodo de estudio, de temperaturas más bajas en noviembre 2009, menores a 21°C, a valores superiores a este valor en enero 2010. Por consiguiente, una previa caracterización detallada de la geomorfología, suelos, humedad, vegetación y cambio de cobertura, presentes en el área de estudio, permitirá realizar una mejor interpretación de los datos obtenidos. Así mismo, se puede presumir que un análisis multitemporal sobre otros volcanes podría mostrar si LST aumenta o disminuye conforme a la presencia de erupciones volcánicas en la superficie terrestre.

Es importante tener el conocimiento del algoritmo que fue implementado para la producción de MOD11A2. Solo el conocimiento de la metodología empleada junto con las variables a intervenir y el intervalo de generación, permitirán determinar para el investigador si el producto es acorde con el objetivo general de la investigación. Sin embargo, los perfiles de temperatura terrestre mostraron picos aislado que podrían ser detallados temporalmente usando productos como MOD11A1 que son generados diariamente y no obedecen a un promedio semanal.

Aun teniendo conocimiento que la temperatura está afectada por las variables antes expuestas, la expulsión de energía volcánica parece sí influir en la medición del promedio semanal de esta variable climática. El pico próximo a la fecha a la erupción, 2 de enero 2010, muestra que sí se presentó una variación importante en la variable estimada. Sin embargo, se debe tener en cuenta que MODIS en la generación del producto MOD11A2 utiliza las bandas con resolución espacial de 1 kilómetro, por consiguiente la implementación de productos de mejor resolución o metodologías de fusión de imágenes pueden dar un mejor detalle espacial de donde se presentan los incrementos o decrecimientos de LST.

GEE es una herramienta útil que expone una amplia gama de productos satelitales para análisis espaciales. El almacenamiento de productos de MODIS permite evaluar y generar conocimiento en diferentes áreas de la ciencia sin que se deba contar con grandes espacios de acopio y realizando el procedimiento con líneas cortas de código en JavaScript o Python. Así mismo, GEE permite cargar información espacial no disponible en la plataforma, de esta manera fue posible realizar la limitación de la temperatura superficial terrestre al departamento de Nariño y posteriormente hacia el área de alta amenaza.

Referencias

CORPONARIÑO (2016). Plan de Gestión Ambiental Regional del departamento de Nariño – PGAR.

IDEAM (2015). Atlas De Radiación Solar, Ultravioleta Y Ozono de Colombia". *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.

IGAC (2019). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.

Jiménez, C., Prigent, C., Ermida, S.L., Moncet, J.-L. (2017). Inversion of AMSR-E observations for land surface temperature estimation: 1. Methodology and evaluation with station temperature. *J. Geophys. Res. Atmos*, 122, 3330–3347.

Salomonson, V. V., Barnes, W. L., Maymon, P. W., Montgomery, H. E., Ostrow, H. (1989). MODIS: advanced facility instrument for studies of the Earth as a system. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 27, 145-153.*

SGC (2015). Memoria Explicativa. Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa, Escala 1:100.000, Plancha 429 – Pasto. *Servicio Geológico Colombiano y Universidad Nacional de Colombia, convenio 039.*

Parastatidis, D., Mitraka, Z., Chrysoulakis, N., Abrams, M. (2017). Online Global Land Surface Temperature Estimation from Landsat. *Remote Sens*, 9, 1208.

Paredes, O. (2019). Informe Mensual de las Actividades de los Volcanes Galeras, Cumbal, Chile – Cerro Negro, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral. *Servicio Geológico Colombiano*.

Peng, J., Jia, J., Liu, Y., Li, H., Wu, J. (2018). Seasonal contrast of the dominant factors for spatial distribution of land surface temperature in urban areas. *Remote Sens*, 215, 255–267.

Tran, D.X., Pla, F., Latorre-Carmona, P., Myint, S.W., Caetano, M., Kieu, H.V. (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens*, 124, 119–132.

Vlassova, L., Perez-Cabello, F., Nieto, H., Martín, P., Riaño, D., de la Riva, J. (2014). Assessment of Methods for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat-5 TM Images Applicable to Multiscale Tree-Grass Ecosystem Modeling. *Remote Sens*, 6, 4345–4368.

Wan, Z. (2007). Collection-5 MODIS Land Surface Temperature Products Users' Guide. I*CESS, University of California, Santa Barbara.*

Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A., Zhao, S. (2015). An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data. *Remote Sens*, 7, 4268–4289.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/10/2020
Aceitação/Acceptance: 13/12/2020

Modelo Para Pronosticar El Precio Del Mercado Eléctrico En Colombia Por Medio De Transformada Wavelet

Yamile Ramírez[1], Mónica Arango[2], Jhon Díaz[3]

yade8978@hotmail.com; moarango@udem.edu.co; jdiaz18@unab.edu.co.

[1] Egresada Maestría en Finanzas, Universidad de Medellín, 050026, Medellín, Colombia.

[2] Docente Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín/ Docente Universidad Nacional de Colombia, 050026, Medellín, Colombia.

[3] Docente de Economía, Universidad Autónoma de Bucaramanga, 050026, Bucaramanga, Colombia.

Pages: 448-461

Resumen: Para los empresarios, académicos y reguladores pronosticar el precio de la energía eléctrica es cada vez mayor, ya que, el comportamiento de la producción de bienes y servicios depende de dicho commodity, transformándose en una variable fundamental en la toma de decisiones corporativas. Por tal razón, en esta investigación se propone un método para pronosticar el precio de la energía eléctrica en el mercado colombiano, basado en la transformada Wavelet, contrastando el resultado con los modelos tradicionales GARCH. Encontrando que este último permite obtener un mayor ajuste en el pronóstico de corto plazo, con un EGARCH (1,1), donde se identifica que la tendencia alcista de los precios genera una sobrerreacción o efecto overshooting sobre su volatilidad.

Palabras-clave: Transformada Wavelet, pronóstico del precio de electricidad, modelos econométricos.

Model For Forecasting The Price Of The Electrical Market In Colombia Through Wavelet Transformed.

Abstract: For businessmen, academics and regulators, forecasting the price of electric energy is increasing, since the behavior of the production of goods and services dependent on said product, becoming a fundamental variable in corporate decision making. For this reason, this research proposes a method to forecast the price of electricity in the Colombian market, based on the Wavelet transform, contrasting the result with the traditional ARIMA and GARCH models. Finding that the latter allows a greater adjustment in the short-term forecast, where the EGARCH (1,1) behavior, where the upward trend in prices is identified, generates an overreaction or effect exceeding its volatility.

Keywords: Wavelet transformed, electricity price forecast, econometric models.

1. Introducción

La electricidad se describe como un activo que posee peculiaridades que lo diferencian de otros commodities, lo que implica la creación de estrategias singulares que permitan la maximización de los beneficios de las firmas generadoras. Los productores buscan operar a niveles óptimos en los que la demanda y la generación coincidan entre sí continuamente, enfrentándose a las dificultades en el almacenamiento de la electricidad y a la dependencia del comportamiento del clima. Sin embargo, es importante resaltar que estos tienen a su favor la inelasticidad del consumo causada por la necesidad de demandar a pesar de incrementos en su precio, dado que la electricidad es considerada una fuente vital para el desarrollo social y económico de cualquier país.

Estas características han propiciado el desarrollo de contribuciones académicas, dirigidas a abordar diversos temas a través de la construcción y aplicación de modelos estadísticos y de optimización, propuestos con el fin de pronosticar la demanda, la capacidad de generación y los precios de la energía eléctrica (Arango ARANGO Mónica Andrea, 2016). Asimismo, ha sido de interés por parte de todos los agentes involucrados el estudio de los riesgos inherentes a los proyectos de inversión en el sector eléctrico. De allí, surge la importancia por estudiar las fluctuaciones del precio de este commodity.

Además de los modelos ARIMA – GARCH que se han usado para el pronóstico del precio de la energía, la transformada Wavelet también es utilizada para realizar dicha predicción. Las Wavelets son funciones oscilatorias que tienen una corta permanencia en su recorrido y su energía se localiza en un determinado intervalo de tiempo (Natalia & Diana Marcela, 2008), además son las bases principales de la transformada de Wavelet, que se restringen tanto en el tiempo como en la frecuencia y son obtenidas mediante parámetros de traslación y dilatación de la Wavelet madre (António, 2017).

La transformada Wavelet es un avance reciente en el procesamiento de señales que ha atraído mucha atención desde su desarrollo teórico en 1984. Su uso se ha incrementado rápidamente como una alternativa a la transformada de Fourier en la preservación de fenómenos locales, no periódicos y con múltiples escalas. Tiene ventaja sobre el estudio espectral clásico, ya que permite analizar diferentes escalas de variabilidad temporal y no necesita una serie estacionaria. Por lo tanto, es apropiado para analizar eventos distribuidos irregulares y series de tiempo que contienen energía no estacionaria en muchas frecuencias diferentes. Por tanto, se está convirtiendo en una herramienta común para analizar las variaciones localizadas dentro de una serie temporal (Sandra Maria & Celso Augusto, 2009).

Para el comportamiento de ondas hay varias transformaciones matemáticas que se pueden aplicar, una de las más conocidas es la transformada de Fourier. Sin embargo, últimamente para analizar series de tiempo con variables no estacionarias la transformada Wavelet es una alternativa, ya que, permite obtener información tanto sobre la amplitud de las señales "periódicas" dentro de la serie, y cómo esta amplitud varía con el tiempo (Sandra Maria & Celso Augusto, 2009). Esto es, la Wavelet distingue variaciones periódicas y no periódicas de la potencia de la señal, tanto en el dominio del tiempo, como en el de la frecuencia, además, tienen la ventaja de agregar una onda de un cierto período, también de ser de extensión finita (Sandra Maria & Celso Augusto, 2009). Por tal razón, se estudia el precio de la energía usando como herramienta la

transformada Wavelet, buscando una mejor heterocedasticidad en la predicción del precio de energía y que sea más exacto que los resultados arrojados por los modelos econométricos.

De lo anterior, este trabajo toma como herramienta de análisis modelos econométricos ARIMA y GARCH y modelos de física usando la transformada Wavelet, para pronosticar el precio de la electricidad. Los resultados de estos modelos son comparados y se analiza cuál de los dos modelos, arroja mejores pronósticos.

2. Revisión de la Literatura

Los flujos de caja representan el comportamiento de los ingresos generados por las inversiones del sector, de tal manera que, su volatilidad se constituye en una variable fundamental en la valoración de proyectos, determinadas por el comportamiento de los precios de mercado de la electricidad y la capacidad de producción, los cuales definen el ingreso. De lo anterior, surge la importancia por modelar la volatilidad de los precios de los combustibles, al ser considerados una variable esencial en la toma de decisiones para la valoración de inversiones en nuevos proyectos o en la negociación del commodity en los mercados financieros (Arango ARANGO Mónica Andrea, 2016), (Arango A Mónica Andrea & Santiago, 2016).

Arango y Arroyave presentan en su estudio un modelo de volatilidad y pronóstico sobre el precio de la electricidad. Los autores sostienen que, la no predictibilidad de los precios y la incertidumbre en políticas ambientales afecta los costos de la generación de energía (Arango A Mónica Andrea & Santiago, 2016), lo que justifica la importancia de minimizar el riesgo de mercado a través de una diversificación óptima de las tecnologías generadoras. El análisis se desarrolla dentro de un ambiente estocástico en el cual la dinámica del precio del combustible determina el comportamiento del precio final de la electricidad. Para ello, se usa como fundamento matemático herramientas econométricas en las que se modela la volatilidad de los precios de los combustibles.

Por otro lado, el interés internacional por proponer herramientas para pronosticar el precio de la electricidad se ha incrementado en los últimos años. Este resultado se debe en especial a la dependencia que tiene el crecimiento económico con respecto a este mercado y adicionalmente, a nivel corporativo, las previsiones de precios de la electricidad se han convertido en un insumo fundamental para la toma de decisiones de las empresas energéticas (Rafał, 2014).

Para realizar un análisis acerca del precio de la energía, las técnicas de predicción se pueden dividir en tres áreas: técnicas deductivas matemáticas, técnicas estadísticas y técnicas mediante inteligencia artificial. Tanto en Colombia como en varios países del mundo, usan varios métodos para el pronóstico del precio de la energía; algunos de los más usados son los modelos ARIMA, ARMAX, Regresiones Lineales, Promedios Móviles y se han realizado algunos estudios con Redes Neuronales e Inteligencia Artificial (Gonzalo Arturo, Juan Carlos, & Juan, 2011).

Uno de los estudios más recientes usando la transformada Wavelet ha sido el realizado por el autor Zhang Yang et.al., donde analizan el mercado energético realizando una proyección del precio de la energía eléctrica en PJM, Australia y España. Allí, emplean

la combinación de modelos mixtos, combinando la transformada Wavelet, los modelos autorregresivos de medias móviles y métodos de máquina de aprendizaje extremo basados en Kernel. Aquí los autores concluyen que esta nueva metodología implementada predomina en cuanto a la exactitud y factibilidad que otros modelos individuales y métodos híbridos (Yang, Ce, & Lian, 2017).

3. Modelos Arima-Garch Vs Wavelet

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, se utiliza para su desarrollo analítico en fundamentos teóricos de tres áreas del conocimiento: Finanzas, Física y Economía. La información empleada es secundaria, obtenida principalmente del portal BI de la compañía XM. Así como los datos obtenidos del Ministerio de Energía de Colombia y del portal BP Global. La unidad de análisis abordada en el trabajo es el precio horario del mercado de electricidad colombiano para el período comprendido entre los años 2017 y 2018. El proceso requiere la utilización de dos programas especializados: Mathematica (wolfram) y Eviews.

La identificación del comportamiento real de las variables, y la identificación de eventos recurrentes que no necesariamente se presentan con regularidad periódica, pero que poseen características similares ofrecen los fundamentos para pronosticar los posibles resultados que enfrentarán los inversionistas y reguladores en el futuro. Entre los modelos econométricos de pronóstico empleados en series de tiempo se encuentran: los ARIMA, ARMA-GARCH, usados en este trabajo (Mónica, Sergio, & Jaime, 2018).

La metodología de Wavelets se emplea en el estudio de series de tiempo, sin embargo, las aplicaciones en finanzas y economía son nacientes. Su aplicación en estas líneas del conocimiento exige identificar el tipo de Wavelet que se empleará, ya que estas cuentan con una amplia variedad, las cuales pueden ser discretas o continuas.

La transformada Wavelet continua es la separación de una función $f(t)$ en un conjunto de funciones ψS,τ(t) llamada Wavelet (o Wavelet madre) con la que se descompone una señal en diferentes componentes de frecuencia, conformando una familia de funciones que son traslaciones y cambio de escala de una función madre ψ(t).

La transformada Wavelet discreta viene dada por:

$$C(j,k) = \sum_{n\epsilon\mathbb{Z}} f(n)\,\psi_{j,k}(n) \tag{1}$$

Donde $\boldsymbol{\psi_{j,k}}$ es una función Wavelet discreta definida como:

$$\psi_{j,k}(n) = 2^{-\frac{j}{2}} * \psi(2^{-j}n - k) \qquad j\in \mathbb{N} \qquad k\epsilon\mathbb{Z} \tag{2}$$

Los parámetros τ, s están definidos de la siguiente manera: $\boldsymbol{\tau = 2^j; s = 2^j k}$. Las Wavelets deben cumplir las siguientes condiciones:

El valor promedio debe ser nulo, esto es $\boldsymbol{\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)dt = 0}$. (3)

La energía sea finita $\int_{-\infty}^{\infty}|\boldsymbol{\psi}(\boldsymbol{t})|^2\boldsymbol{dt} < \infty$. (4)

Cumplir con una condición de admisibilidad

$$C_\Psi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{|\hat{\psi}(w)|^2}{|w|}dw < \infty \quad (5)$$

donde $\widehat{\boldsymbol{\psi}}(\boldsymbol{w})$ es la transformada de Fourier de $\boldsymbol{\psi}(\boldsymbol{t})$.

Teniendo en cuenta la fórmula de la transformada Wavelet discreta, se debe analizar cada una de las familias Wavelet para saber cuál de todas arroja mejores pronósticos, pero en esta investigación inicialmente analiza las tres familias Wavelet más utilizadas para el pronóstico de la electricidad las cuales son: Daubechies, Morlet y Haar (António, 2017).

Cabe resaltar, que la transformada Wavelet descompone la serie original del precio de la electricidad en sub-series, la cual puede ser percibida como la descomposición de una señal utilizando filtros de información de baja frecuencia e información de alta frecuencia, distinguidas comúnmente como filtros de aproximación y detalle respectivamente, esta descomposición se da con el fin de saber cuál es la división del ancho de la banda de la señal.

Por tal razón, en esta investigación, la transformada Wavelet descompondrá la serie de los precios de la electricidad, Pt en una serie con información de baja frecuencia descrita como a3t y tres series con información de alta frecuencia definidas como b1t, b2t, b3t respectivamente. Luego se reconstruyen estas series de aproximación y detalle. Así, por la transformada Wavelet, las series a3t, b1t, b2t y b3t se restauran y quedan nombradas como A3t, B1t, B2t y B3t, por lo tanto, la serie original del precio se puede reescribir como:

$$P_t = A3_t + B1_t + B2_t + B3_t \quad (6)$$

Luego de realizar la descomposición y la reconstrucción del precio con la transformada Wavelet, se procederá a construir un modelo ARIMA-GARCH para la serie de aproximación (A3t) y otro modelo GARCH para la serie de detalle (B1t, B2t y B3t) y finalmente se ajustan estos dos resultados para obtener el pronóstico del precio de la energía eléctrica.

$$\hat{P}_t = \widehat{A3}_t + \widehat{B1}_t + \widehat{B2}_t + \widehat{B3}_t \quad (7)$$

Donde $\widehat{\boldsymbol{A3}}_{\boldsymbol{t}}, \widehat{\boldsymbol{B1}}_{\boldsymbol{t}}, \widehat{\boldsymbol{B2}}_{\boldsymbol{t}}, \widehat{\boldsymbol{B3}}_{\boldsymbol{t}}$ son los resultados arrojados de los pronósticos de A3t , B1t, B2t, B3t. El resultado de esta predicción del precio de la energía eléctrica con el modelo de la transformada Wavelet, se contrastará con los resultados arrojados del primer paso

que será el pronóstico de la media y la varianza con los modelos econométricos; ARIMA y GARCH. Se valida cuál de los dos modelos es más aproximados a través de las medidas de desempeño.

4. Resultados

La información que se tiene como objetivo analizar, es el precio de la energía eléctrica diario para un período de tiempo de 1 de enero del 2017 hasta el 31 de diciembre del 2018, siendo así una muestra de 730 datos los que serán analizados. Debido a que estos precios presentan fuertes cambios en determinados intervalos de tiempo, puesto que depende de factores climáticos y el precio de otros combustibles, se realizó una transformación a la serie para que esta tenga una forma estacionaria y así poder identificar un modelo econométrico que mejor pronostique el costo del mercado energético. Dicha transformación se hizo sacando la diferencia de los precios de la serie original obtenida de la compañía XM.

Dado que, en el estudio anterior se analizó la diferencia de los precios del mercado eléctrico con modelos econométricos como es el ARIMA-GARCH (Mónica, Jhon, & Yamile, 2019), para la descomposición y la reconstrucción de la Wavelet también se analizó con la diferencia de precios con el fin de hacer una comparación entre el modelo ARIMA-GARCH y el modelo Wavelet para ver cuál de los dos es el más ajustado.

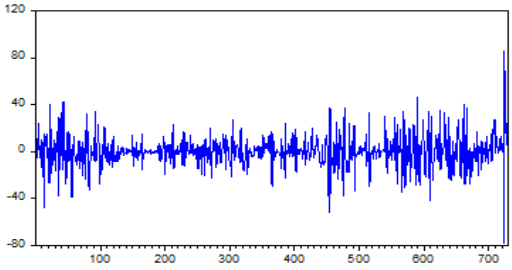


Figura 1 – Diferencia del precio eléctrico.

Teniendo en cuenta la Fig. 1 del estudio previo, se muestra que el comportamiento de la serie ha sido estable a lo largo del tiempo, la media de las diferencias diarias en los precios de la energía eléctrica para el período de análisis fue de $0.353237 por Kilovatio. El nivel máximo se obtuvo a finales del año 2018 con una diferencia de $86.46382 por Kilovatio, mientras que, en cuanto a su nivel mínimo, se tuvo una pérdida de $78.03366 también a finales del año 2018.

Como se mencionó anteriormente, en el trabajo desarrollado por Arango, Díaz y Ramírez (Mónica et al., 2019) realizaron un estudio con modelos econométricos para la diferencia de precios del mercado de electricidad en Colombia, aplicando modelos ARIMA – GARCH (ver Tabla 1). Para analizar dicha serie los autores utilizaron la

metodología de Box-Jenkins mediante un proceso en el que se caracterizan cuatro etapas: identificación, estimación, validación y predicción, encontrando que, el modelo de mayor ajuste para describir la media y volatilidad de las diferencias diarias se representa por un ARMA (14,10)-GARCH (1,1). Dichos resultados se toman como modelo base para el presente trabajo, los cuales se verifican con las estimaciones obtenidas mediante la aplicación de Wavelets.

Variable	Tabla ARMA		Variable	Tabla GARCH	
	Coeficiente	P-Valor		Coeficiente	P-Valor
ϕ_3	-0,118642	0,0059	**C**	1,817968	0,0201
ϕ_{14}	0,094690	0,0050	**Resid(-1)^2**	0,0931146	0,0000
θ_1	-0,262815	0,0000	**GARCH(-1)**	0,906655	0,0000
θ_{10}	-0,111771				
AIC	7,816741				
SC	7,867184				
DW	1,885280				

ϕ_{14} : es el operador autorregresivo (SAR) en el rezago 14.

ϕ_3 : es el operador autorregresivo (AR) en el rezago 3.

θ_1 : es el operador de Promedio móvil (MA) en el rezago 1 y 10.

Tabla 1 – Modelo ARMA-GARCH

4.1. Resultados de las Wavelets

Varias han sido las herramientas matemáticas que han implementado los científicos para cumplir con un análisis detallado de cualquier señal. Dentro de la más utilizada ha sido la transformada de Fourier, la cual admite crear un buen procedimiento y realizar un amigable análisis a las series que son estacionarias, pero esto no sucede en el caso contrario, es decir, una de las debilidades que presenta la transformada de Fourier es el análisis para las series de tiempo que no son estacionarias.

Por otro lado, otra de las limitaciones que presenta la transformada de Fourier es que muestra presencia de una frecuencia fija, pero no brinda información acerca del avance en el tiempo de las particularidades espectrales de la señal, esto es, la transformada muestra una duración infinita en el tiempo y locales en frecuencia (Eduardo, Juan Sebastián, & Eduardo, 2018)an electronic system was also designed and implemented, in order to inject superimposed controlled pulses to the power system (50/60 Hz.

Debido a estas limitaciones de la transformada de Fourier, surge la necesidad de crear otra transformada que arroje un análisis detallado tiempo-frecuencia de las señales no estacionarias. Es allí donde Denis Gabor conformó la transformada de Fourier con ventanas, donde esta resuelve el problema de las series que no permanecen constantes

en el tiempo y lo que hace es básicamente partir la señal en diferentes partes donde se pueda obtener series que sean estacionarias. Para este fin, la señal debe ser multiplicada por una función llamada ventana, donde su amplitud debe ser igual a la parte de la señal que se está considerando como estacionaria (Carlos & Juan Antonio, 2018).

Sin embargo, pese a que esta nueva transformada de Fourier con ventanas ya analiza el tiempo y la frecuencia al mismo tiempo, no es del todo una solución exacta para los investigadores que quieren analizar una serie, ya que no se puede conocer con exactitud la función tiempo-frecuencia de la señal, sino que solo se puede conocer los momentos donde concurren determinadas partes de frecuencia.

Por esta razón, dicho inconveniente se concentra en seleccionar apropiadamente una función ventana, donde esta no es tan fácil de hallar puesto que dependerá mucho de la serie de tiempo que se esté analizando. Es por tal motivo, que se debe encontrar una transformada donde al dar información tiempo-frecuencia corrija los inconvenientes que presenta la transformada de Fourier con ventana. Es aquí donde entra la transformada Wavelet.

Esta transformada Wavelet que complementa la transformada de Fourier con ventanas, permite analizar de una manera más detallada las series de tiempo no estacionarias, puesto que estudia la señal en una representación tiempo-escala dependiendo la frecuencia que se tenga, es decir, si se tiene una frecuencia alta, el tamaño de la ventana es diferente a la que estudia la señal de frecuencias bajas. En pocas palabras, a frecuencias altas el análisis se realiza con un tamaño de ventanas pequeñas, mientras que, si las frecuencias son bajas, la dimensión de las ventanas es más ancho (Gabriel J. et al., 2010).

Debido a la variación del tamaño de las ventanas en el uso de la transformada Wavelet, estas permiten descubrir los eventos que posiblemente se estén dando dentro de la señal como, por ejemplo; interrupciones, sobretensión, caídas de tensión, entre otros (Gabriel J. et al., 2010). Es por esto que esta transformada es la más apropiada para el análisis de señales energéticas, puesto que esta presenta varios factores intermitentes que la afectan y se puede detectar con mayor facilidad.

Dado que, la aplicación se basa en el modelo ARMA-GARCH que describe la diferencia de los precios del mercado eléctrico, la descomposición y la reconstrucción de la Wavelet también se analizará con la diferencia de precios con el fin de hacer una comparación entre el modelo ARIMA-GARCH y el modelo Wavelet, con el fin de identificar cuál de los dos es el más ajustado.

Para realizar un buen pronóstico con la trasformada Wavelet se debe seleccionar en primer lugar una Wavelet madre adecuada. Para esta elección, se tienen en cuenta las Wavelet madre más utilizadas en el pronóstico del precio del mercado eléctrico (Eduardo, Diego, & Guillermo, 2013). En este estudio se considerarán las siguientes: Daubechies (db) del orden 3 al orden 10; Symlet (Sym) entre los órdenes 3 y 8; Coiflet (Coif) del 1 al 5 y la Biortogonales (Biort) de 1.3 a 6.8. Los modelos de mayor ajuste se presentan en la Tabla 2.

Wavelet	Desviación estándar	Momentos de desvanecimiento	Longitud de filtro
db4	88.78	4	8
db5	88.14	5	10
coif4	86.12	8	24
coif5	86.24	10	30
biort5.5	84.33	5	9
biort4.4	87.3	5	9

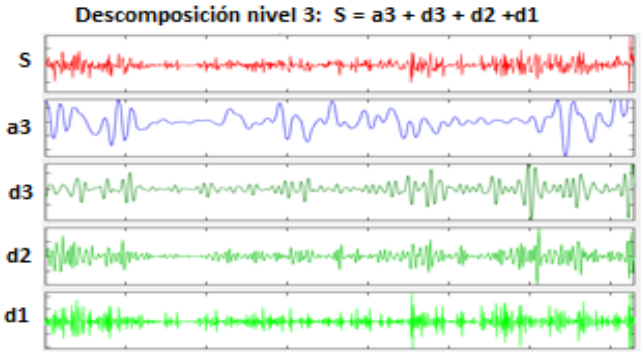
Tabla 2 – Wavelets Madres.

De la familia de Wavelet anterior, se considera que la de mayor ajuste para realizar dicho análisis es la Daubechies de orden 5, puesto que esta familia cuenta con una característica muy importante y es que puede formar bases ortonormales, garantizando que la información que se tenga de la serie no sea repetida y evitando así que los datos obtenido sean falsos.

Además, se debe tener en cuenta que entre más alto sea la longitud del filtro y los momentos de desvanecimientos mayor será el tiempo de cálculo que toma el estudio de la transformada. Por tal razón, se debe considerar una elección adecuada de la Wavelet madre que permita obtener menos dispersión de los datos y el tiempo de cálculo sea lo más moderado posible. Es por esto que se elige la Daubechies de orden 5 puesto que presenta un equilibrio adecuado entre suavidad y longitud de onda y además está menos disperso que la Daubechies de orden 4.

Por otro lado, además de hacer una buena elección de la Wavelet madre con su respectivo orden, también es importante elegir un buen nivel de descomposición de la función que se está trabajando. Para ello cabe resaltar que en varias investigaciones que se han realizado para el pronóstico del precio de la electricidad casi siempre se utiliza tres niveles de descomposición. Por tal razón, en esta investigación también se utiliza tres niveles de descomposición, puesto que describe la serie del mercado energético más específica y con mayor perfección que otros (Tan, Zhang, Wang, & Xu, 2010).

Después de tener claro que la Wavelet madre a usar es la Daubechies de orden cinco y tres niveles de descomposición, se procede a realizar la descomposición de la diferencia de los precios de la energía eléctrica, de donde se obtendrán filtros paso bajo, correspondiente a los datos de baja frecuencia y es llamado serie de aproximación; denotado como a3 siendo esta la más cercana o similar a la serie original y tres filtros paso alto, pertenecientes a la información de alta frecuencia denominadas series de Detalles y expresadas como d1, d2 y d3 respectivamente. Dicho procedimiento se presenta en la Fig. 2



S: Serie de la diferencia de los precios de energía en Colombia
a3: Serie de aproximación nivel 3 d2: Serie de detalle nivel 2
d3: Serie de detalle nivel 3 d1: Serie de detalle nivel 1

Figura 2 – Descomposición de la Wavelet en tres niveles.

Al realizar esta descomposición en el programa de Matlab, este arroja nuevos datos para la serie de aproximación y las tres de detalle. A esta nueva información, se le modela la media y la varianza con los modelos ARIMA y GARCH, esto con el fin de que la nueva serie quede con un mayor ajuste para ser pronosticada.

Al realizar este procedimiento, se encontró que la serie de aproximación se debe diferenciar nuevamente para que permanezca estacionaria y poder continuar con los modelos ARIMA y GARCH. Transformando de nuevo la serie de filtros paso bajo y analizarla con la prueba de la raíz unitaria se puede concluir que esta señal ya es estacionaria en media, por lo tanto, se puede empezar a realizar el proceso de modelación ARMA. Allí, después de verificar el modelo con varios parámetros se llega a la conclusión de que el mejor proceso autorregresivo y de medias móviles es el ARMA (0,1), cuya expresión matemática está dada por:

$$a_3 = 0{,}249817 - 0{,}671077\, a_{3\,t-1} + \varepsilon_t \tag{8}$$

A pesar de que la serie es estacionaria en media, se encuentra que aún tiene problemas de volatilidad, por lo tanto, se toma el mejor modelo ARIMA y se verifica si la serie efectivamente tiene problemas de heteroscedasticidad y esto se realiza mediante el test de multiplicadores de Lagrange. Al realizar dicha prueba se concluyó que sí existe presencia de efectos ARCH de uno y cuarto orden, puesto que las probabilidades son menores que el nivel de significancia del 5%.

Debido a que la serie muestra presencia de efectos ARCH, se procede a realizar varios análisis con los modelos ARCH, GARCH, TGARCH y EGARCH para corregir los efectos de heteroscedasticidad en la varianza. Para ello, se encontró que el mejor modelo para esta serie es el modelo EGARCH (1,1) con distribución generalizada de las perturbaciones

(varianza condicional heteroscedastica exponencial- GED), con una memoria de largo plazo en el rezago uno. Por lo tanto, la ecuación que permite estimar la varianza heteroscedástica, es:

$$\ln(\sigma^2) = 0{,}037 + 0{,}741\left|\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| + 0{,}221\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + 0{,}890 ln\,\sigma_{t-1}^2 \quad (9)$$

Para validar el modelo EGARCH (1,1) se analizó el correlograma muestral de los residuos y el correlograma muestral de los residuos al cuadrado. En ellos se pudo verificar que los residuos del modelo son ruido blanco, debido a que los coeficientes no son significativos; es decir, todos los P-Values son mayores al nivel de significancia que es 5%. Además, realizando nuevamente la prueba ARCH-LM se puede concluir que no se encuentra evidencia de que más efectos ARCH estén presentes.

Por otro lado, las tres series de detalle al ser descompuestas por la transformada Wavelet resultan ser estacionarias y por ende se le procede a encontrar el modelo ARIMA más apropiado para cada serie. Para ello, se empieza a mirar el comportamiento de autocorrelación y autocorrelación parcial de cada uno de los filtros paso alto y saber cuáles son los posibles rezagos para los procesos autorregresivos y de medias móviles.

Para la serie d1 que es la serie de Detalle uno, el modelo que ajusta la media es un proceso autorregresivo con rezago — AR(1)–. Esta elección del mejor modelo se realiza teniendo en cuenta el menor criterio de información de Akaike, el menor criterio de Schwarz y el menor Durbin-Watson Stat. La expresión matemática para este modelo está dado por:

$$d_1 = -1.639249 + 0.212567\,d_{1_{t-1}} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Por otro lado, para la serie de Detalle dos; d2, el modelo que mejor se ajustó fue un AR(6), elegido teniendo en cuenta los criterios que se mencionaron en la elección de Detalle uno. De igual manera, para la señal de Detalle tres; d3, se encontró que el de mayor ajuste fue el modelo autorregresivo de medias móviles, con rezagos 1 y 15, es decir, el modelo para esta última señal fue un ARMA (1,15). Las expresiones matemáticas que se ajustan para estas dos series son respectivamente:

$$d_2 = -1.37365 - 0.193626\,d_{2_{t-6}} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$d_3 = 0.705790 + 0.205452\,d_{3_{t-1}} + 0.247628\,\varepsilon_{t-15} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Al igual que en la serie de aproximación, las tres series de Detalles presenta problemas de volatilidad, por lo tanto, se trata de corregir con modelos ARCH, GARCH, TGARCH y EGARCH. Para efectuar dicha corrección se realizaron varios modelos de los cuales el mejor modelo para los tres fue el EGARCH con diferentes funciones de distribuciones y rezagos. Para la serie d_1 el más ajustado fue el Modelo EGARCH(1,1) con un proceso

autorregresivo en el rezago uno y distribución normal, para el d_2 se ajustó el modelo EGARCH (1,1), con rezago seis y con función de distribución T-Student y finalmente para la señal de Detalle tres se ajustó el modelo EGARCH (1,1) con un proceso autorregresivo en el primer rezago y con una memoria de largo plazo en el rezago quince con función de distribución T-Student.

Ya sabiendo que las series han corregido su media y varianza, puesto que al verificar las series de análisis con el test ARCH en ellas, ya no existen efectos de volatilidad y, además, los valores de autocorrelación y los de autocorrelación parcial no son significativos, es decir, los P-values son mayores al nivel de significancia del 5%. Por lo tanto, se procede hacer el pronóstico con cada una de ellas para luego transformarlas nuevamente con la trasformada Wavelet.

Para realizar dicha proyección se toma el modelo más ajustado de cada serie y con la ayuda del programa de Eviews se hace el pronóstico para cada serie dentro de la muestra y teniendo ya estas nuevas series se procede a realizar la reconstrucción de las señales en análisis.

5. Conclusiones

Para los empresarios, académicos y reguladores saber el comportamiento futuro del precio de la energía eléctrica es de mucha importancia, puesto que esto les permite estar atentos a las eventualidades que puede tener el sector y así estar preparados para implementar estrategias que compensen los precios de la energía y no se vean afectados los flujos de caja de las compañías por dicha problemática. Por tal razón, es importante pronosticar el precio de este commodities para que la situación financiera de las compañías y del sector en general no se vean tan afectados.

Dentro del estudio realizado a las series arrojadas por la descomposición de la Wavelet para las deferencias de los precios diarios del mercado energético, se concluye que el desarrollo que admitió considerar un buen modelo de proyección y la volatilidad condicional heteroscedastica es un modelo EGARCH (1,1). En este caso, el modelo no se comporta de manera simétrica para perturbaciones positivas y negativas. Donde se identifica que la tendencia alcista de los precios genera una sobrerreacción o efecto overshooting sobre su volatilidad.

Por otro lado, dentro de las referencias analizadas para el pronóstico del precio energético con la transformada Wavelet, la familia que más se usa para este análisis es la Daubechies. No obstante, la elección de la Wavelet madre y el número de niveles de descomposición es diferente para cada serie que se quiere analizar y esta puede ser modificada cada vez que sea pertinente, de modo que, no puede ser generalizada para todos los casos.

Referencias

António, R. (2017). A wavelet-based multivariate multiscale approach for forecasting. *International Journal of Forecasting*, *33*(3), 581–590. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2017.01.007

Carlos, M., & Juan Antonio, T. (2018). Short-Time Fourier Transform with the Window Size Fixed in the Frequency Domain (STFT-FD): Implementation. *SoftwareX*, *8*, 5–8. https://doi.org/10.1016/j.softx.2017.11.005

Eduardo, G.-L., Diego, S., & Guillermo, A. (2013). Selección de una wavelet madre para el análisis frecuencial de señales eléctricas transitorias usando WPD Selection of a mother wavelet for frequency analysis of transient electrical signals using WPD. *Revista Chilena de Ingeniería*, *21*(2), 262–270.

Eduardo, G.-L., Juan Sebastián, C.-B., & Eduardo, M.-S. c. (2018). Obtaining the electrical impedance phase using wavelet transform and fourier transform from transient signals. Part 2: Practical assessment and validation. *DYNA (Colombia)*, *85*(205), 105–110. https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68458

Gabriel J., L., Isaac, I. A., Hugo, A. C., Andrés E., D., Diana P., J., & Jorge W., G. (2010). Aplicación de la transformada de wavelet para el análisis de transitorios debidos a la conmutación de bancos de condensadores. *Investigaciones Aplicadas*, *4*(1), 33–45.

Gonzalo Arturo, G., Juan Carlos, C., & Juan, Z. C. (2011). Herramienta de software para el pronóstico de demanda horaria de potencia eléctrica en el sistema eléctrico de Codensa S.A. ESP. *Tecnura*, *15*(28), 7–22.

Mónica, A., Jhon, D., & Yamile, R. (2019). Pronóstico del precio energético en Colombia: una aplicación econométrica. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao.*, 490–499. https://doi.org/10.17013/risti.n.pi-pf

Mónica, A., Sergio, B., & Jaime, H. (2018). Anomalías Financieras en el Mercado de Electricidad: Análisis empririco de los precios spot. *13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, *1*, 1–7. Caceres.

Mónica Andrea, Arango A, & Santiago, A. O. (2016). Análisis de combustibles fósiles en el mercado de generación de energía eléctrica en Colombia: Un contraste entre modelos de volatilidad. *Revista de Metodos Cuantitativos Para La Economia y La Empresa*, *22*(1), 190–215.

Mónica Andrea, Arango ARANGO. (2016). Model risk assessment projects in thermal power generation. *Revista Espacios*, *37*(Nº 09), 1–13. Retrieved from electricity prices, power generation investment, strategic decisions, econometrics.

Natalia, N., & Diana Marcela, O. (2008). El uso de la transformada Wavelet discreta en la reconstrucción de señales senosoidales. *Scientia Et Technica*, (38), 381–386.

Rafał, W. (2014). Electricity price forecasting: A review of the state-of-the-art with a look into the future. *International Journal of Forecasting*, *30*(4), 1030–1081. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2014.08.008

Sandra Maria, A. I., & Celso Augusto, G. S. (2009). Analysis of precipitation time series using the wavelet transform. *Revista Sociedade & Natureza*, *1*, 736–745. Retrieved from http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/download/9776/5867

Tan, Z., Zhang, J., Wang, J., & Xu, J. (2010). Day-ahead electricity price forecasting using wavelet transform combined with ARIMA and GARCH models. *Applied Energy*, *87*(11), 3606–3610. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.05.012

Yang, Z., Ce, L., & Lian, L. (2017). Electricity price forecasting by a hybrid model, combining wavelet transform, ARMA and kernel-based extreme learning machine methods. *Applied Energy*, *190*, 291–305. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.130

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/10/2020
Aceitação/Acceptance: 03/12/2020

Modelo de gestión de la inteligencia social apoyado en servicios de social media para transformar las bibliotecas en centros de información y conocimiento

Carolina Monsalve Vega[1], Lillyana María Giraldo Marín[2], Luisa Fernanda Villa Montoya[3]

cmonsalvega@gmail.com; lmgiraldo@udem.edu.co; lvilla@udem.edu.co

[1] Estudiante Maestría en Gestión de la Información y el Conocimiento, Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín, C.P. 050026, Medellín, Colombia.

[2] Directora Tesis Maestría en Gestión de la Información y el Conocimiento, Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín, C.P. 050026, Medellín, Colombia.

[3] Codirectora Tesis Maestría en Gestión de la información y el Conocimiento, Facultad de Ingeniería, Universidad de Medellín, C.P. 050026, Medellín, Colombia.

Pages: 462-474

Resumen: bibliotecas y gestores de información han transitado de la sociedad industrial a la sociedad de la información y el conocimiento, actualmente se enfrentan a la cuarta revolución industrial que trae nuevos retos como el desarrollo de habilidades, competencias y la apropiación de herramientas de social media para la creación, transferencia y acceso a la información y conocimiento. Este artículo propone un modelo de gestión de la inteligencia social que contribuye a gestionar el conocimiento tácito e implícito de los gestores de información a partir de la inteligencia social y los servicios de social media para transformar las bibliotecas en organizaciones socialmente inteligentes y en centros de información y conocimiento; mediante una revisión sistemática de la literatura, diseño, validación, análisis y conclusiones, que evidencian un dominio en las competencias y habilidades sociales y un bajo uso e implementación de herramientas de social media en procesos de generación y conversión del conocimiento.

Palabras-clave: Gestor de información; competencias sociales; inteligencia social; social media; gestión del conocimiento.

Social intelligence management model supported by social media services to transform libraries into information and knowledge centers

Abstract: Libraries and information managers have moved from the industrial society to the information and knowledge society, they are currently facing the fourth industrial revolution that brings new challenges such as the development of skills, competencies and the appropriation of social media tools for the creation, transfer and access to information and knowledge. This article proposes a social intelligence management model that contributes to managing the tacit and implicit knowledge

of information managers based on social intelligence and social media services to transform libraries into socially intelligent organizations and information centers and knowledge; through a systematic review of the literature, design, validation, analysis and conclusions, which show a mastery of social competencies and skills and a low use and implementation of social media tools in knowledge generation and conversion processes.

Keywords: Information manager; social skills; social intelligence; social media; knowledge management.

1. Introducción

En las últimas tres décadas se han producido cambios significativos en la forma de buscar, consumir e intercambiar información, la irrupción y el avance acelerado de las tecnologías de la información han modificado los hábitos de consumo, la forma de trabajo, y la manera de comunicar, aprender y enseñar, se ha transitado de la sociedad industrial a la sociedad de la información y el conocimiento (Gibaja, 2013). La reciente llegada de la llamada cuarta revolución industrial o industria 4.0 está cambiando la manera de vivir, trabajar y relacionarnos unos con otros (Schwab, 2016).

Lo anterior ha traído consigo nuevos retos y desafíos para los gestores de información, quienes han realizado grandes esfuerzos en adaptarse a los nuevos entornos tecnológicos, el acelerado crecimiento de la información, la diversidad de fuentes, formatos, soportes, contenidos, aplicaciones y la forma de acceder a la información (independiente de las barreras geográficas, idiomáticas y temporales). "Las bibliotecas virtuales como un sistema dinámico y evolutivo han experimentado una transformación derivada de los avances tecnológicos, las nuevas exigencias de los usuarios y la fuerte competencia entre las organizaciones que trabajan en el ámbito de la transferencia de la información" (Bonilla, 2005, p. 94).

> "Una institución de información es una organización del conocimiento que, mediante un conjunto de procesos, gestiona las capacidades, provee a los equipos de trabajo con recursos para la solución de los problemas de forma eficiente en el menor tiempo posible, con el objetivo final de obtener ventajas competitivas sostenibles en el tiempo" (Aja, 2002, p.2).

Las bibliotecas y los gestores de información no son ajenos a estos cambios, día a día se enfrentan a diversas situaciones que requieren que los profesionales de la información desarrollen destrezas y competencias más allá de los conocimientos y técnicas propias de su oficio, para dar una respuesta ágil, rápida y oportuna acorde a las demandas y necesidades de información de los usuarios de hoy (Lucas, Río, Flórez y Tomsa, 2013). Lo anterior significa que, más allá de los alcances de la tecnología, de los medios económicos, la infraestructura y los procesos tradicionales que debe realizar la biblioteca es necesario que la actitud y capacidades del gestor de la información sean las de ir más allá, en la búsqueda y generación de conocimiento (Matthews, Zeidner, & Roberts, 2004).

La figura 1, enuncia los retos y desafíos encontrados en la literatura a los cuales se enfrentan las bibliotecas y los gestores de información de hoy.

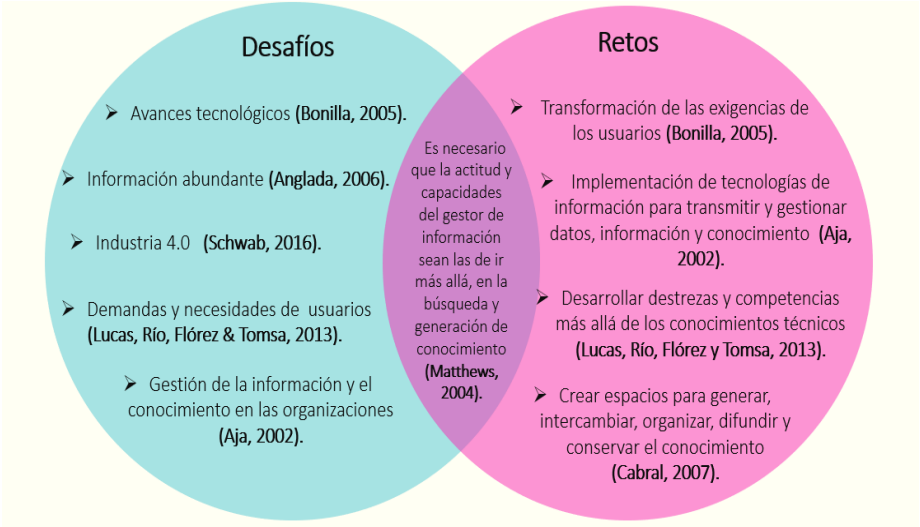


Figura 1 – Retos y desafíos de las bibliotecas y los gestores de información
Fuente: elaboración propia

Los desafíos mencionados anteriormente condujeron al planteamiento de las siguientes preguntas de investigación: *PI1. ¿Cuáles son las competencias que debe desarrollar el gestor de información para transformar las bibliotecas en centros de información y conocimiento?, PI2. ¿Cómo la inteligencia social puede contribuir en la gestión de la información y el conocimiento en las bibliotecas?, PI3. ¿De qué manera los servicios de la social media pueden apoyar los procesos de generación de conocimiento en las bibliotecas? y a* corroborar la hipótesis planteada que "Con la aplicación de un modelo de gestión de la inteligencia social las bibliotecas se transforman en centros de información y conocimiento".

Posteriormente se realizó el diseño y caracterización del modelo para finalmente validarlo mediante un estudio de caso múltiple aplicado a una biblioteca académica y una biblioteca especializada, obteniendo como resultado del análisis comparativo de casos, que los gestores de información de ambas bibliotecas cuentan con un alto nivel de dominio en las competencias y habilidades sociales y un bajo nivel de uso y apropiación de herramientas, plataformas y aplicaciones de social media que contribuyan a potencializar los procesos de generación y conversión del conocimiento tácito y explícito.

El objetivo de este artículo es presentar el modelo de gestión de la inteligencia social apoyado en servicios de social media de manera que este contribuya a gestionar el conocimiento de los gestores de información como emisores en los procesos de conversión del conocimiento tácito y explícito, con el propósito de transformar las bibliotecas en organizaciones socialmente inteligentes y en centros de información y conocimiento.

Este artículo se desarrolla en seis secciones así: sección 1. Introducción o contexto, sección 2. Metodología, enfoque investigativo y diseño metodológico, sección 3. Resultados de la revisión sistemática de la literatura, sección 4. Desarrollo del concepto de inteligencia social, sección 5. Diseño y modelado, sección 6. Conclusiones y recomendaciones.

2. Metodología

2.1. Enfoque investigativo

Esta es una investigación de aplicabilidad para el campo bibliotecológico, se abordó bajo un enfoque cualitativo que se basa en la obtención de datos e información relevante, en principio no cuantificable, acerca de los gestores de información, sus competencias sociales y las herramientas de social media utilizadas en los procesos de generación del conocimiento en las bibliotecas, para posteriormente ser llevado a un nivel descriptivo-comprensivo, permitiendo un acercamiento y análisis más completo del contexto real y actual de las bibliotecas y una interpretación de las opiniones del gestor de información de hoy, registradas a través de una encuesta y analizadas mediante un estudio de caso múltiple que permitió la validación y contrastación del modelo propuesto.

2.2. Diseño metodológico

El proceso de investigación se realizó mediante cinco fases metodológicas que constituyen el conjunto de procedimientos para el logro de los objetivos trazados en la investigación. La tabla 1, describe las cinco fases metodológicas y los aspectos a indagar en el proceso de investigación a través de las cuales se abordaron los objetivos formulados en el estudio.

Fase metodológica		Aspecto a indagar	
1.	**Revisión sistemática de la literatura**	1	-Revisión de los conceptos y modelos de la inteligencia social (IS) y la gestión del conocimiento (GC).
		2	-Exploración de los diferentes servicios de la social media (SM) y su contribución al modelo de gestión de la inteligencia social.
		3	-Identificación de las competencias sociales que debe poseer el gestor de información para transformar las bibliotecas en centros de información y conocimiento.
		4	-Análisis de las relaciones entre IS, GC y SM para establecer los elementos y componentes que conformarán el modelo de gestión de la inteligencia social.
2.	**Diseño y modelado**	-Caracterización del modelo GISBI -Objetivo -Elementos y compontes	
3.	**Validación del modelo**	Validación del modelo GISBI a través de un caso múltiple: Caso 1: Biblioteca Académica Caso 2: Biblioteca Especializada	
4.	**Análisis de casos**		
5.	**Conclusiones y recomendaciones**		

Tabla 1 – Fases metodológicas del proceso de investigación

3. Revisión sistemática de la literatura

En el desarrollo del estudio se realizó una revisión sistemática de la literatura para indagar sobre los conceptos y modelos de la inteligencia social y la gestión del conocimiento y sus contribuciones en el ámbito de las organizaciones de información, explorar los servicios de social media e identificar las habilidades y competencias que debe desarrollar y fortalecer el gestor de información para la gestión de la información y el conocimiento.

Para el rastreo de las fuentes de información se emplearon las siguientes cadenas de búsquedas, palabras claves y el uso de operadores lógicos "OR" para los conceptos similares y "AND" para los conceptos complementarios y concurrentes: ***Cadena A:*** *"Inteligencia social" and "bibliotecas" (Social Intelligence in Libraries).* ***Cadena B:*** *"Gestión del conocimiento" and "bibliotecas" (Knowledge Management in Libraries).* ***Cadena C:*** *"Modelos de inteligencia social" and "bibliotecas" (Models of Social Intelligence and Knowledge Management in Libraries).* ***Cadena D:*** *"Social media" and "bibliotecas" (Social Media in Libraries) y* ***Cadena E:*** *"Gestor de información" and/or "competencias sociales" (Information Manager and/or social Competencies).*

Las bases de datos consultadas y número de artículos encontrados fue el siguiente:

Bases de datos	Número de artículos				
	A	B	C	D	E
Google Sholar	***3***	***10***	***3***	***9***	***20***
E-Lis	**2**	**10**	**2**	**12**	**12**
Web of Science	**4**	**12**	**2**	**15**	**10**
Svopus- Elsevier	**1**	**10**	**2**	**12**	**9**
EBSCO	**1**	**9**	**2**	**12**	**5**

Fuente: elaboración propia

Tabla 2 – Resultados de las búsquedas

A partir de los resultados obtenidos en las búsquedas se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para la selección de los artículos investigativos, estudios y trabajos que cumplieran con alguno de los siguientes aspectos:

- Expusieran los conceptos y modelos de la IS, GC y SM.
- Presentaran los diferentes servicios de social media en bibliotecas.
- Mencionarán las competencias o habilidades sociales que debe poseer el gestor de información para transformar las bibliotecas en centros de información y conocimiento.
- Establecieran una relación entre IS, GC y SM.
- Incluyeran conceptos o prácticas de la IS, la GC y la SM en el ámbito organizacional.
- Evidenciarán aportes y contribuciones de las prácticas de IS, GC y SM en la gestión de la información y el conocimiento.
- Estudios e investigaciones de los últimos 12 años entre 2005 al 2017.
- Publicaciones en fuentes bibliográficas digitales, revistas nacionales e internacionales, páginas web académicas, repositorios institucionales y bases

de datos reconocidas en el ámbito de las ciencias de la información como: E-Lis, entre otras de gran relevancia académica como Scopus-Elsevier, EBSCO, Google Acedemic etc., versus fuentes no publicadas o indexadas en bases de datos especializadas en los idioma inglés y español.
- Publicaciones como artículos de revistas especializadas, investigaciones, estudios, recursos bibliográficos de consulta como: libros, artículos de libros, reportes y/o monografías.

Se excluyeron aquellos artículos que no hacían referencia directa a los conceptos de la IS, GC y SM o no brindaban aportes o contribuciones en el ámbito de las bibliotecas; para garantizar que la información contenida en cada estudio fuera relevante y valiosa para esta investigación, se establecieron además las siguientes preguntas a manera de criterios para la selección final de los estudios:

PR1-¿Describe teorías y conceptos de la IS y la GC a nivel organizacional y en el ámbito de las bibliotecas?

PR2-¿ Propone modelos de gestión de IS y la gestión del conocimiento?

PR3-¿Compila herramientas y servicios de social media que contribuyan a la gestión de la información y el conocimiento en bibliotecas?

PR4-¿Documenta prácticas relacionadas con la IS y la GC en el ámbito de las bibliotecas?

PR5-¿Menciona habilidades y competencias del gestor de información?

PR6-¿Describe características de los centros de información y conocimiento?

PR7-¿Contextualiza la cuarta revolución industrial o industria 4.0?

PR8-¿Apoyo de las herramientas de social media en los procesos de conversión del conocimiento?

En la consulta de las diferentes fuentes se recuperaron un total de ***189 estudios***. Una vez aplicados los criterios de (inclusión/exclusión) y las preguntas para determinar los estudios relevantes, se consideraron un total de ***20 estudios*** como hallazgos útiles para esta revisión, lo que evidenció una reciente incursión y documentación de prácticas relacionadas con la IS y la GC en el ámbito de las bibliotecas.

La Revisión Sistemática de la Literatura permitió concluir:

- Existen diversos modelos, teorías y conceptos de la gestión de la IS que aportan elementos que pueden articularse e integrarse para la construcción de un nuevo modelo con un propósito específico.
- En la literatura revisada se encontró un único modelo de IS que articulaba de manera explícita el contexto de los servicios de información, como el modelo de interacción de la inteligencia social E.S.A.C.A.C. (Teijero, 2012).
- Se encontraron diversos servicios y herramientas de social media que contribuyen y apoyan la gestión de la información y el conocimiento.
- En la literatura científica existe un gran volumen de información acerca de la GC en las organizaciones al igual que modelos de gestión del conocimiento, el capital intelectual y la inteligencia organizacional y una reciente producción de publicaciones sobre prácticas de GC en las organizaciones de información,

> pero se evidencia ausencia en la producción investigativa en el tema de la IS en el ámbito de las bibliotecas, ya que es un tema que recientemente está retomando un interés especial por su estudio no sólo desde el punto de vista psicológico, sino también desde la perspectiva de la gestión de las organizaciones.

4. La inteligencia social

A partir del proceso de revisión sistemática de la literatura se identificó que la inteligencia social es un concepto que ha suscitado interés en la actualidad, auqnue su origen está estrechamente relacionado con la evolución del concepto de inteligencia y su división en tres facetas como: "la capacidad de entender y manejar ideas (inteligencia abstracta); la capacidad de manejar objetos concretos (inteligencia mecánica), y la capacidad de manejar a las personas (inteligencia social)" (Kihlstrom & Cantor, 2000, p. 259), el psicólogo estadounidense J. P. Guilford retomó el estudio de la IS, tiepo despúes postulando un sistema en el cual introdujo el contenido conductual, en el que se hallaría la inteligencia social (Kihlstrom y Cantor, 2011).

Goleman, Buzan y Albretch desarrollan el concepto de inteligencia social como un tipo de inteligencia intrapersonal, que se vincula con la capacidad que poseen los sujetos para generar conocimiento y crear capacidades inherentes al proceso de aprender, razonar, transferir, encontrar nuevas formas de análisis y tomar decisiones.

La inteligencia social en las organizaciones se ha convertido en un objetivo prioritario para los líderes, como señala Tardito en inteligencia social en las organizaciones:

> En tanto que las emociones son el motor de la acción y éstas pueden ser positivas o negativas, y de diferente intensidad, esas emociones y sus comportamientos correspondientes, imprimen a la organización una gran diversidad de características, que pueden ser favorables (acompañando o promoviendo el crecimiento) o adversas (frenando o impidiendo el crecimiento) (párr. 10).

En síntesis la inteligencia social aporta un valor imprescindible en la gestión de la información y el conocimiento; y estos a su vez son un insumo insustituible y de gran valor en una sociedad cada vez más cambiante y dinámica, donde las máquinas y la tecnología tendrán un protagonismo cada vez mayor, lo que hace necesario adaptar y humanizar cada vez más los entornos bibliotecarios (Lucas, Río, Flórez y Tomsa, 2013), e implementar herramientas de social media que brinden a su vez nuevas estrategias de planificación bibliotecaria en las que se vuelve sumamente relevante la participación directa de los usuarios y los gestores de la información (Ramírez, V. S. y Hernández, A. S., 2009).

5. Diseño del modelo

5.1. Caracterización del modelo –GISBI-

El modelo de gestión de la inteligencia social en bibliotecas (GISBI), se construye a partir del enfoque de la inteligencia social que reconoce el significado social del conocimiento (Nieves & Martínez, 2012), la integración de diversos modelos de inteligencia social que han sido desarrollados por los autores (Goleman, 2010), (Buzan, 2008), (Gardner,

2008), (Albrecht, 2007), (Teijero, 2012), la capitalización de los conocimientos (tácito y explícito) que propone el modelo de creación del conocimiento en las organizaciones de (Nonaka y Takeuchi, 2005) y se apoya en los servicios de social media a partir del proceso de aprendizaje del modelo SECI basado en la web 2.0 (Chatti, Klamma, Jarke y Naeve, 2007). La figura 2 muestra los enfoques y modelos empleados en el diseño y caracterización del modelo -GISBI-

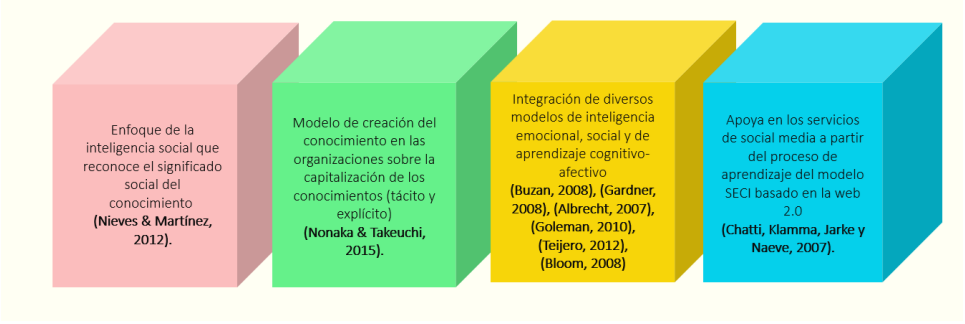


Figura 2 – Enfoques y modelos empleados en la construcción del modelo -GISBI-
Fuente: elaboración propia

5.2. Objetivo del modelo

El modelo de gestión de la inteligencia social-GISBI-, tiene como objetivo contribuir a gestionar el conocimiento de los gestores de información a partir de la inteligencia social y los servicios de la social media, de manera que estos contribuyan a transformar las bibliotecas en organizaciones socialmente inteligentes y en centros de información y conocimiento.

5.3. Componentes del modelo -GISBI-

El modelo GISBI tiene como eje central el modelo de creación del conocimiento en las organizaciones, que reconoce la importancia de la inteligencia social en la creación de conocimiento, el cual se fundamenta en el supuesto de que el conocimiento humano se crea y expande a través de la interacción social del conocimiento tácito y el conocimiento explícito (Nonaka y Takeuchi, 1995, 61), y comprende cuatro modos de conversión del conocimiento nombrados por Nonaka, Toyama y Konno así: socialización, conocimiento tácito al conocimiento tácito (T-T), externalización, conocimiento tácito al conocimiento explícito (T-E), combinación, conocimiento explícito al conocimiento explícito (E-E), internalización, conocimiento explícito al conocimiento tácito (E-T).

Los componentes del proceso de conversión del conocimiento se asocian a ciertas competencias de las inteligencias múltiples y aprendizajes cognitivo-afectivos analizadas desde el rol del gestor de información como emisor en el proceso de creación y conversión de conocimiento en una biblioteca, entre ellas se encuentran: Inteligencia interpersonal (habilidades sociales), inteligencia lingüística (palabras y lenguaje), lógico matemática (números, patrones abstractos y la habilidad para razonar), visual y espacial (pensamiento visual y espacial), inteligencia intrapersonal (autoconocimiento)

y el aprendizaje, cognitivo y afectivo (conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis, evaluación).

Las anteriores competencias están basadas en elementos de diversos modelos de inteligencia social que han sido desarrollados por los autores Goleman, Buzan, Gardner, Albrecht, Teijero, y el modelo de aprendizaje cognitivo-afectivo de Bloom, para finalmente identificar las herramientas de social media asociados a los procesos de conversión del conocimiento del modelo SECI, como son: las redes sociales, las herramientas para el manejo de contenidos 2.0, mensajería instantánea y asincrónica, herramientas de multimedia 2.0, organización de contenido y entornos personales de aprendizaje (EPA), almacenamiento y sistematización de información, virtualidad, geolocalización e inteligencia artificial.

La figura No. 2, muestra los elementos y componentes del modelo de gestión de la inteligencia social apoyado en servicios de social media para transformar las bibliotecas en centros de información y conocimiento.

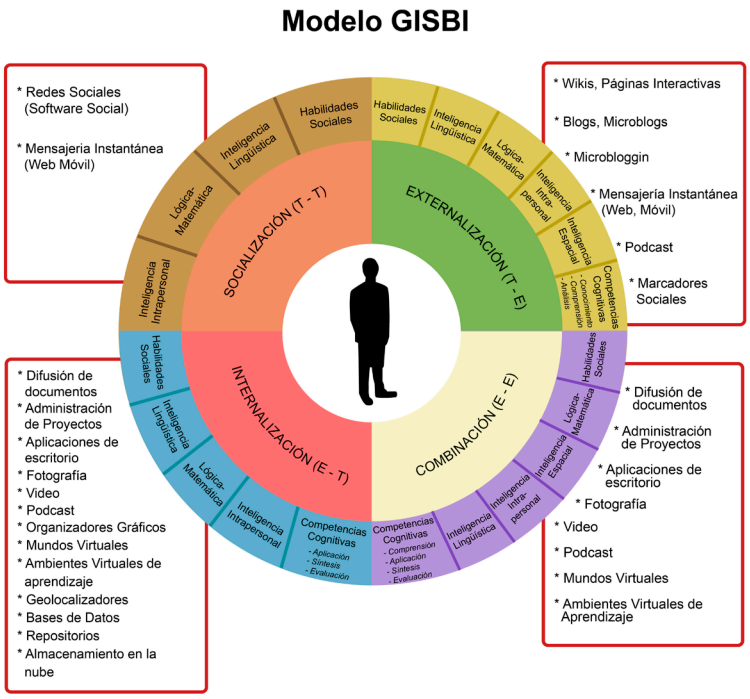


Figura 3 – Elementos y componentes del modelo -GISBI-
Fuente: elaboración propia

5.3. Validación y resultados

Para la aplicación del modelo de gestión de la inteligencia social se seleccionó un grupo de gestores de información integrantes de los equipos de trabajo de la Biblioteca del Centro Colombo Americano de Medellín y de la Biblioteca Eduardo Fernández Botero de la Universidad de Medellín, quienes conformaron no una muestra representativa, sino un grupo calificado de trabajo con experiencia en los procesos de generación de conocimiento en el ámbito bibliotecario, para lo cual se consideró la edad, antigüedad, competencias en el cargo, lo que permitió observar y conocer su nivel de dominio de las competencias sociales (aptitudes y destrezas interpersonales) y el uso de herramientas, plataformas y aplicaciones de social media para interactuar, socializar, compartir, recopilar y transferir experiencias y conocimientos a través de los diferentes procesos de conversión del conocimiento como: a) Socialización (conocimiento tácito a tácito), b) Externalización (conocimiento tácito a explícito), c) Combinación (conocimiento explícito a explícito), d) Internalización (conocimiento explícito a tácito).

La aplicación y validación del modelo permitió evidenciar:

Los gestores de información en ambas bibliotecas cuentan con altos niveles de dominio en competencias sociales, es decir en aquellas aptitudes y destrezas interpersonales y sociales y un bajo nivel de uso, apropiación e implementación de herramientas, programas y aplicaciones en cada uno de los procesos de conversión del conocimiento tácito y explícito y que son un actor importante en los procesos de gestión de la información y el conocimiento al interior de una unidad de información por lo cual se recomienda:

- Incorporar en su quehacer profesional las competencias, habilidades e inteligencias que le permitan hacer frente a los grandes retos y desafíos de la sociedad actual.
- Conocer y aprovechar no sólo las tecnologías emergentes del mundo globalizado, sino también integrarlas posibilitando la creación de una cultura de individuos capaces de aprender, compartir y producir conocimiento
- Su rol debe estar enfocado en fomentar emociones y experiencias positivas recíprocas como el amor, el cuidado, la confianza, el compromiso y la colaboración, así mismo como, en estimular sentimientos positivos entre los miembros de su equipo de trabajo, quienes son un pilar fundamental para que el conocimiento (especialmente el tácito) sea compartido y el proceso de generación del conocimiento ocurra.

6. Conclusiones

La Las bibliotecas y el gestor de la información de hoy no sólo deben velar en brindar información actualizada, sino en proporcionar las herramientas, los recursos y los espacios adecuados para la generación de nuevos conocimientos a través de diversos canales de comunicación para el intercambio de información entre expertos; así como mediante redes de conocimiento que se basan en el aprendizaje auto dirigido y el crecimiento mediante la obtención y la transformación de la información en conocimiento (Cabral, 2007).

Los servicios de social media se han convertido en una parte integral de la sociedad de hoy y por consiguiente en un medio de comunicación indispensable para generar

dinámicas de interacción y generación de conocimiento en las organizaciones de hoy. La evolución de Internet hacia la web social dio lugar a la llegada de una nueva generación de tecnologías y aplicaciones interactivas online que permiten la fácil publicación, edición y difusión de contenidos, así como la creación de redes personales y comunidades en línea (Anderson, 2007); además proporcionan un medio para la captura efectiva de conocimiento colaborativo, la inteligencia colectiva, la interacción social, etc.

Lo anterior permite que las interacciones de las personas dentro de un grupo y entre este y su entorno generen un ambiente favorable para compartir, distribuir y producir información y conocimiento entre todos sus miembros mediante entornos de aprendizaje presenciales y virtuales, logrando con ello crear un ambiente competitivo que incentive a las personas a aprender, crear e innovar, convirtiendo el conocimiento individual en conocimiento organizacional, propiciando espacios para la transferencia de conocimiento en los cuales la tecnología sea un aliado para aumentar el uso, acceso, y competitividad de los servicios de información, generando valor para transformar las bibliotecas en organizaciones de aprendizaje, socialmente inteligentes y en centros de información y conocimiento.

Referencias

Aja Quiroga, Lourdes. (2002). *Gestión de información, gestión del conocimiento y gestión de la calidad en las organizaciones*. ACIMED, 10(5), 7-8.

Albrecht, K. (2005). *Social Intelligence: The new science of success*. John Wiley & Sons.

Albrecht, K. (2006). *Inteligencia social*. Barcelona: Vergara.

Albrecht, K. (2007). *Practical Intelligence: The art and science of commonsense*. San Francisco: Jossey Bass.

Albrecht, K. (2007), *Inteligencia social. La nueva ciencia del éxito*, ZETA, Barcelona.

Albrecht, K. (2013). Inteligencia social: La nueva ciencia del éxito. Executive excellence: la revista de liderazgo, la gestión y la toma de decisiones, (102), 40-41.

Anderson, P. (2007): *"What is Web 2.0? Ideas, technologies and implications for education"*, JISC Technology and Standards Watch, 1-64.

Anglada, L. M. (2019). *Muchos cambios y algunas certezas para las bibliotecas de investigación, especializadas y centros de documentación*. El profesional de la información (EPI), 28(1).

Benito, E. N. (2012). *La inteligencia emocional: una herramienta bibliotecaria poco glamurosa, pero tremendamente efectiva en la atención al usuario*. Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios, 27(104), 141-148.

Bonilla, K. V. (2005). *De la biblioteca virtual a los centros virtuales de información y conocimiento: estudio del caso de la Bibliotheek Technische Universiteit Delft. In La dimensió humana de l'organització del coneixement* (pp. 91-104).

Blanco, Máximo (2016). *Beneficios y amenazas de la industria 4.0*. [En línea].

Available:https://ctxt.es/es/20160831/Firmas/8157/Industria-tecnologia-revolucion-mercado-digital.htm

Buzan, Tony (2008) *El poder de la inteligencia social. 10 formas de despertar tu genio social*, URANO, S.A. Madrid.

Cabral Vargas, Brenda (2007). *"El papel de las bibliotecas y la educación en la gestión, el conocimiento en la sociedad contemporánea*". En: Alexandria, enero-junio, año III, n.6, p. 15-19.

Chatti, M. A., Klamma, R., Jarke, M., & Naeve, A. (2007). *The Web 2.0 driven SECI model based learning process*. In Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007) (pp. 780-782). IEEE.

Crespo, M. I. B. (2013). *Competencia emocional en la biblioteca del nuevo milenio* Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios, 28(106), 8-27.

Davenport (1994). *Saving it¨s soul : human-centered information management*. Harvard business revieww, Mar- Apr. p. 119-131.

Davenport, T. H., & Prusack, L. (2001). *Conocimiento en acción: Cómo las organizaciones manejan lo que saben*. Buenos Aires: Prentice Hall

Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed: Multiple intelligences for the 21st Century*. New York: Basic Books.

Gibaja, V. (2013). *El bibliotecario como profesional de la información: horizontes laborales más allá de la biblioteca*. Información, Cultura y Sociedad, (29), 49-76.

Goleman, D. (2006). *Inteligencia Social. México*: Planeta Mexicana S.A.

Goleman, D. (2010) *Inteligencia social. La nueva ciencia de las relaciones humanas*. Barcelona: Kairos.

Guerrero, Manuel. (2016). *Cuarta revolución industrial y su impacto en la*

sociedad. [En línea]. Available: https://manuelguerrerocano.com/cuarta-revolucion-industrial-impacto-social/

Kumar, S. A. (2010). *Knowledge management and new generation of libraries information services: a concept*. International Journal of Library and Information Science, 1(2), 24-30.

Kihlstrom , J. F., & Cantor, N. (2011). *Social Intelligence*. En R. J. Stemberg, & S. B. Kaufman, The Cambridge Handbook of Intelligence (p. 564-581). New York: Cambridge University Press.

Lucas, J. L., Río, C. J., Flórez, N., & Tomsa, R. (2013). *Bibliotecas con Inteligencia Emocional: espacios con futuro*. Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios, 28(106), 49-66.

Matthews, G., Zeidner, M. y Roberts, R. D. (2004). *Emotional Intelligence: Science and Myth*. Massachusetts: Mit Press.

Nieves Lahaba, Y. R., & Martínez Sánchez, M. L. (2012). *Reflexiones acerca de la resignificación social de los conocimientos organizacionales*. Acimed, 23(4), 412-422.

Nonaka & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford university press. wNew York- Oxford.

Nonaka & Takeuchi (2005). *Modelo de Creación del conocimiento en las organizaciones*.

Nonaka, I., Toyama, R. y Nagata A. (2000). *A firm as a knowledge-creating entity: a new perspective on the theory of the firm*. Industrial and Corporate Change, 9 (1), 1-20.

O`Reilly, Tim. (2005). *What is web 2.0. O`Reilly, 2005*. [En línea]. Available: http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html.

Ramírez, V. S., Ramírez, V. S., & Hernández, A. S. (2009). *La web social y su impacto*

en las bibliotecas universitarias mexicanas. Ibersid: revista de sistemas de información y documentación, 3, 239-246.

Senge, P. M. (2005). *La quinta disciplina en la práctica*. Ediciones Granica SA.

Schvarstein, L. (2003). *La inteligencia social en las organizaciones*. Buenos Aires: Paidós.

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.

Teijero Páez, Sergio. (2012). *La Inteligencia Social y las Bibliotecas*. ABINIA

Informa Vol. 12 – Nº 3.

Triana, L. F., & Forero, L. G. (2012). *Inteligencia social: una aproximación desde la gestión de la organización*. Estrategias, 10(20).

Verma, S. (2009). *Soft Skills For the BPO Sector*. India: Pearson Education.

Xia, J., & Wang, M. (2014). *Competencies and responsibilities of social science data librarians: An analysis of job descriptions*. College & Research Libraries, 75(3), 362-388.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/09/2020
Aceitação/Acceptance: 14/11/2020

Implementación de imágenes Hiperespectrales como herramienta para la identificación mineralógica para grandes extensiones en estudios de exploración - zona de estudio: región del Magdalena Medio

Julio Armando Cuellar-Gutierrez[1], Javier Medina[2].

jacuellarg@correo.udistrital.edu.co; rmedina@udistrital.edu.co

[1-2] Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones-Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 7 No. 40B - 53, 110231, Bogotá D.C., Colombia.

Pages: 475-487

Resumen: Este artículo presenta el análisis e identificación de materiales mineralógicos expuestos que conforman los mantos superficiales a partir de imágenes Hiperespectrales de diferentes sensores y utilizando clasificación supervisada, máquinas de soporte vectorial y análisis de divergencia espectral, generando una metodologías que sustenten y permita el desarrollo de la exploración mineralógica de grandes extensiones, que contribuya al mejoramiento de la caracterización y zonificación de yacimientos minerales, permitiendo el mapeo de materiales expuestos con alta precisión espacial, incluso en lugares remotos y de difícil acceso; determinando también la presencia de minerales indicadores para la inspección e identificación en la exploración de recursos naturales, determinando las integraciones lito-estratigráficas, asociaciones mineralógicas y la identificación del tipo de roca o sus componentes, según la relativa constancia en la composición del suelo, la roca base, la madurez de los suelos expuestos y los mapas geológicos, se verificaran los resultados basados en mapas geoquímicos de la zona de estudio buscando una precisión global y un coeficiente Kappa superior al 85%.

Palabras-clave: Hiperespectrales; Prospección; Radar; Yacimientos; Mineralogía.

Implementation of Hyperspectral images as a tool for mineralogical identification for large areas in exploration studies - study area: Magdalena Medio region

Abstract: This article presents the analysis and identification of exposed mineralogical materials that make up the surface mantle from Hyperspectral images of different sensors and using supervised classification, vector support machines and spectral divergence analysis, generating a methodologies that support and the development of mineralogical exploration of large extensions, which contributes to the improvement of the characterization and zoning of mineral deposits , allowing the mapping of exposed materials with high spatial precision, even in remote and difficult-to-reach locations; also determining the presence of indicator minerals for

inspection and identification in the exploration of natural resources, determining litho-stratigraphic integrations, mineralogical associations and the identification of the type of rock, according to the relative constancy in soil composition, base rock, maturity of exposed soils and geological maps, the results based on geochemical maps of the study area will be verified looking for global accuracy and a Kappa coefficient greater than 85%.

Keywords: Hyperspectral; Prospecting; Radar; Deposits; Mineralogy.

1. Introducción

La Teledetección ofrece grandes posibilidades para la realización de progresos en el conocimiento de la naturaleza, estos procesos permiten obtener imágenes de la superficie terrestre de forma remota, es decir captada por sensores situados en satélites o aviones y posteriormente tratarlas e interpretarlas para la obtención de información, características y cambios que esta pueda presentar; la determinación de asociaciones y concentraciones mineralógicas hace posible determinar las áreas de estudio como visión general del subsuelo y de sus estructuras geológicas con miras a la ubicación de zonas de interés, consistiendo en emitir una señal en la superficie para provocar una onda de choque que se propague a través de las capas del subsuelo, reflejándose en cada una de sus diferentes anchos de bandas y de este modo tener un panorama de los diferentes tipos de litografía en la zona.

La información que genera el sensor de captura se usará para la optimización de métodos de identificación directos e indirectos que permitan la localización de concentraciones y asociaciones minerales que ayuden a la interpretación del suelo descubierto y el análisis de composición del subsuelo partiendo de la verificación de mapas geológicos y la implementación de sensores tales como: imágenes Hiperespectrales de diferentes sensores para verificar e identificar los componentes mineralógicos expuestos, litografía de la zona y asociaciones mineralógicas.

La detección remota de caracterizaciones y asociaciones mineralógicas en la zona de estudio dependerá del diseño, cálculo y evaluación de las variaciones de energía electromagnética reflejada o emitida por la superficie terrestre en la verificación de las imágenes para los diferentes tipos de materiales presentes en la zona como herramienta para el estudio de caracterización del suelo y su concentración mineralógica en el mejoramiento de los mapas geológicos base de la región.

Este estudio servirá como herramienta para la exploración de recursos naturales superficiales para el mejoramiento de procesos de adquisición de información para áreas extensas y mejor análisis de las zonas de estudio previamente el trabajo de campo y exploraciones bases. Los recursos naturales y materias primas son de gran valor formando parte de los principales indicadores económicos a nivel mundial debido a su demanda diaria, dicho contexto desafía a las distintas ramas de la ingeniería a su búsqueda, extracción y tratamiento según procesos óptimos en relación costo-adquisición basados en mapas geológicos de la zona y la geoquímica de la zona de estudio.

2. Imágenes Hiperespectrales

Dependiendo de la literatura existe distinta clasificación para los sensores. Hay quien considera la siguiente clasificación: mono-espectrales (o pancromático), multiespectrales e Hiperespectrales. Por otro lado, también se encontró la siguiente clasificación (en función del número de bandas): pancromático (=1), multiespectral (>1), super-espectral (>10), e Hiperespectral (>100). Para este Trabajo Fin de Grado se considera como sensor Hiperespectral aquel que realiza un registro en más de 10 bandas, una imagen Hiperespectral es una imagen que tiene varias bandas espectrales de información a través de todo el espectro electromagnético (Villamizar, 2015).

El resultado de la toma de datos por parte de un sensor Hiperespectral sobre una determinada escena puede ser representado en forma de cubo de datos, con dos dimensiones para representar la ubicación espacial de un píxel (generalmente denominadas líneas y muestras), y una tercera dimensión que representa la singularidad espectral de cada píxel en diferentes longitudes de onda (Kratt, Coolbougth, & Pepping, 2012). La figura 1 muestra la estructura de una imagen Hiperespectral donde el eje X es el indicador de las líneas, el eje Y es el indicador de las muestras y el eje Z es el número de banda, es decir, la longitud de onda de esa banda (canal). La capacidad de observación de los sensores Hiperespectrales permite la obtención de una firma espectral detallada para cada píxel de la imagen, dada por los valores de reflectancia adquiridos por el sensor en diferentes longitudes de onda, lo cual permite una caracterización muy precisa de la superficie de nuestro planeta (Calvo, 2011).

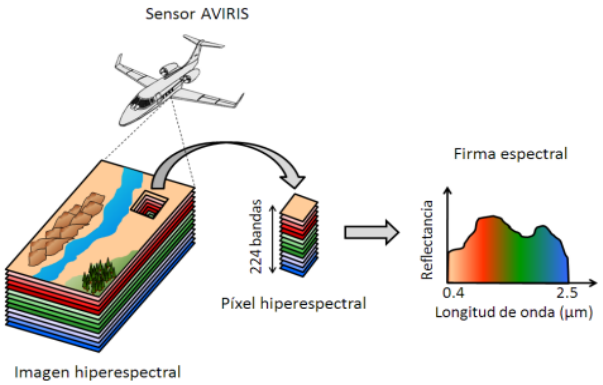


Figura 1 – Adquisición de una imagen Hiperespectral, Fuente: (Calvo, 2011)

Como puede apreciarse en la figura 2, es el elevado número de bandas de este sensor lo que permite la obtención de una firma espectral detallada del píxel. Conviene destacar que, en este tipo de imágenes, es habitual la existencia de mezclas a nivel de subpíxel, por lo que a grandes rasgos podemos encontrar dos tipos de píxeles en estas imágenes: píxeles puros y píxeles mezcla (SpecTIR, 2008). Se puede definir un píxel mezcla como aquel en el que cohabitan diferentes materiales. Estos tipos de píxeles son los que constituyen la mayor

parte de la imagen Hiperespectral, en parte, debido a que este fenómeno es independiente de la escala considerada ya que tiene lugar incluso a niveles microscópicos. La figura 2 muestra un ejemplo del proceso de adquisición de píxeles puros (a nivel macroscópico) y píxeles mezcla en imágenes Hiperespectrales (Calvo, 2011)

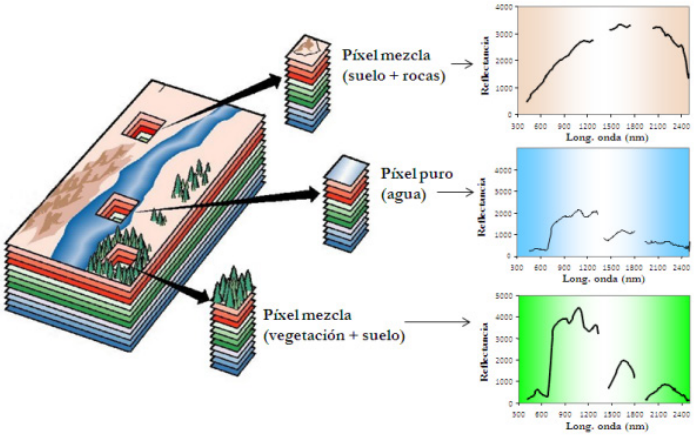


Figura 2 – Tipos de píxeles en imágenes Hiperespectrales. Fuente: (Calvo, 2011)

3. Constante dieléctrica

Las propiedades dieléctricas del terreno, expresadas en la constante dieléctrica, afectan críticamente la señal retro dispersada ya que inciden directamente en la absorción y propagación de las ondas electromagnéticas. La parte real de la constante dieléctrica es la permisividad del medio y la parte imaginaria se expresa como la conductividad del medio (Hernández, 2010). El valor de la constante dieléctrica depende del contenido de agua de la superficie: la penetración de la señal electromagnética es mayor y la reflexión de esta es menor para un bajo contenido de humedad. Inversamente, la penetración es menor y la reflexión es mayor cuando la humedad es alta. En cuanto a la conductividad, la penetración es mayor para grandes longitudes de onda.

El efecto de la rugosidad subsuperficial es importante en los casos de nieve y arenas limpias y secas. En ambos casos, el contenido de humedad es muy bajo y en consecuencia la penetración de la señal electromagnética es alta. En la frontera donde termina la nieve o la arena, la constante dieléctrica cambia y se produce alta reflexión y baja penetración.

4. Análisis de estadísticas de entrenamiento

Independientemente del método empleado en definir la fase de entrenamiento, antes de abordar el proceso de clasificación propiamente dicho conviene analizar la separabilidad de las categorías seleccionadas, esto es, evaluar la viabilidad de que esas categorías puedan clasificarse sin grave riesgo de error. Por ejemplo, si se comprueba que dos o más son muy similares, habría una gran probabilidad de confusión entre ellas, por lo que resultaría aconsejable: confirmar que las estadísticas de entrenamiento han sido

correctamente deducidas; adoptar una leyenda más general, con nuevas categorías que supongan una mezcla de las que ofrecen mayor riesgo de confusión; recabar información auxiliar o imágenes de otras fechas.

Existen varios métodos, tanto gráficos como numéricos, para evaluar las estadísticas de entrenamiento. En este apartado, se tratarán con más detalle los criterios cuantitativos que permiten evaluar numéricamente la posibilidad de discriminar las distintas categorías.

Uno de estos métodos es la divergencia estadística, el cual asume que los ND (nivel digital) en una categoría se distribuyen normalmente, tomando la separabilidad como la medida del solape entre categorías vecinas. Puesto que se trata de calcular ese valor para un espacio multivariado (tantas variables como bandas intervienen en el proceso), se considera el vector de medias y matriz de varianza-covarianza entre pares de categorías, (ver ecuación 1):

$$D_{ij} = \frac{1}{2} tr\left[\left(c_i - c_j\right)\left(c_i^{-1} - c_j^{-1}\right)\right] + \left[\left(c_i^{-1} - c_j^{-1}\right)\left(m_i - m_j\right)\left(m_i - m_j\right)^T\right] \quad (1)$$

Donde D_{ij} indica la medida de la divergencia entre las categorías i y j; tr se refiere a la traza o suma de los elementos de la diagonal de la matriz; c_i y c_j son las matrices de varianza-covarianza de las categorías i y j; m_i son los vectores de medias correspondientes a las mismas categorías de las bandas, y T indica la matriz traspuesta de la indicada entre corchetes. Cuanto mayor sea el valor de la divergencia, mayor también la separabilidad entre clases, basada, lógicamente, sobre las bandas que se han considerado en su cálculo (Gázquez, 2018).

Además de esto también podemos utilizar la ecuación que algunos autores soportan para escalar de acuerdo con el rango conocido, utilizando como base la transformada, ecuación 2 (Chávez, 2010):

$$DT_{ij} = 2(1 - e^{-D_{ij}/8}) \quad (2)$$

Donde la constante de valor 2 es introducida para escalar el resultado entre unos rangos conocidos. Algunos autores recomiendan emplear un valor de 2.000 o 100. Además de la divergencia, se han propuesto otras medidas de separabilidad como la distancia de Jeffries-Matusita (JM), también llamada de Bhattacharyya. La distancia JM entre un par de distribuciones de probabilidad (clases espectrales) se define como:

$$J_{ij} = \int\left(\sqrt{p(r \perp w_i)} - \sqrt{p(r \perp w_j)}\right)^2 dr \quad (3)$$

Esta expresión cuantifica la suma de las distancias al cuadrado entre pares de valores de las distribuciones de probabilidad para el par de clase w_i, w_j. Para las clases de distribución normal se convierte en:

$$J_{ij} = 2(1 - e^{-B_{ij}})$$

Donde

$$B_{ij} = \frac{1}{8}(m_i - m_j)^T \left[\frac{c_i + c_j}{2} \right]^{-1} (m_i - m_j) + \frac{1}{2} ln \left[\frac{\left| (c_i + c_j)/2 \right|}{\left| c_i \, c_j \right|^{1/2}} \right] \quad (4)$$

que se refiere a la distancia de Bhattacharyya. La distancia JM la distancia de Jeffries-Matusita está acotada a 2, lo que significa que el par de clases que posea un valor igual a 2 tendrá una separabilidad perfecta.

Para calcular la separabilidad entre clases en este ejercicio se han empleado la divergencia transformada y la distancia JM Jeffries- Matusita (Gázquez, 2018).

5. Adquisicion de imagenes

Se requieren imágenes Hiperespectrales las cuales cuentan con gran cantidad de bandas, además se debe obtener de la misma zona de estudio perfiles espectrales de los elementos presentes para correlación de las imágenes y clasificación basadas en su riqueza espectral, estas imágenes serán adquiridas de varios sensores, dentro de los cuales destacaremos AVIRIS, CASI1500 y Prisma, además de la posibilidad de trabajar con imágenes capturadas con un sensor llamado SPECTIR de 360 bandas; las imágenes de radar se basaran en Sentinel 3, Sentinel 1 y radar SAR que pueden ser descargadas directamente de internet en la página https://www.eodms-sgdot.nrcan-rncan.gc.ca/index_en.jsp propiedad de la organización de recursos naturales de Canadá y Sentinel 3 que están en la página https://earthexplorer.usgs.gov/ de la agencia nacional de ciencias de los estados unidos.

5.1. Tratamiento de imágenes Hiperespectrales

La corrección geométrica engloba las técnicas de corrección de las distorsiones que producen las principales fuentes de error en el momento de la adquisición de la imagen, como son el cabeceo (pitch), alabeo (roll), giro lateral (yaw) y las provocadas por la trayectoria, altura y velocidad de la plataforma que sustenta al sensor. A éstas hay que añadir los efectos del relieve y de la esfericidad terrestre. Asimismo, se incluyen en estas técnicas las de georreferenciación, es decir, las de asignar una posición geográfica a los píxeles de la imagen.

Se debe eliminar la interferencia atmosférica de las imágenes, esto se puede mediante técnicas “on-the-Fly” para el procesamiento de datos en tiempo real y trabaja con datos multiespectrales e Hiperespectrales. Para tener una representación fiable de la escena es necesario eliminar la interferencia atmosférica antes de comenzar con el proceso de clasificación, la corrección por distorsión es una etapa de preprocesamiento que identifica las propiedades atmosféricas como cantidad de vapor de agua, distorsión por aerosoles y la afectación de la reflectancia de la luz sobre la superficie terrestre, para esto utilizaremos dos módulos de corrección en ENVI:

- **Corrección Atmosférica Rápida (QUAC):** se basa en hallar empíricamente la reflectancia media de los diferentes espectros y materiales presentes en la escena (Excluyendo los materiales altamente estructurados como vegetación, Aguas pocos profunda y tierra húmeda) (Gázquez, 2018).

- **Análisis Atmosférico de Línea Rápida de Hipercubos Espectrales (FLAASH):** es una herramienta de corrección atmosférica que corrige la longitud de onda de la región visible a través de infrarrojos cercanos y regiones de infrarrojos de onda corta.

Una vez que se tiene la imagen en su "situación" corregida, se transfiere el nivel digital utilizando el de la imagen original. Se hace habitualmente de tres formas (Gázquez, 2018):

- **Vecino más próximo (Nearest Neighbor)**. En la celda de la imagen corregida el ND corresponde al del píxel más cercano de la imagen original.
- **Interpolación bilineal (Bilinear)**. Promedia los ND de los cuatro píxeles más cercanos en la original. Difumina contrastes espaciales de la imagen original.
- **Convolución cúbica (Cubic Convolution)**. Considera los ND de los dieciséis píxeles más próximos. Requiere un volumen de cálculo elevado.

5.2. OIF Factor de índice óptimo

El OIF es un valor estadístico que puede ser usado para seleccionar la combinación a color óptima de tres bandas de una imagen satelital. El cálculo de OIF se realiza sobre todas las posibles combinaciones de la imagen, y se basa en la selección de las bandas que conserven la mayor información espectral (mayores covarianzas entre bandas) y la menor duplicidad de información (menores correlaciones entre bandas), matemáticamente se expresa por la siguiente ecuación

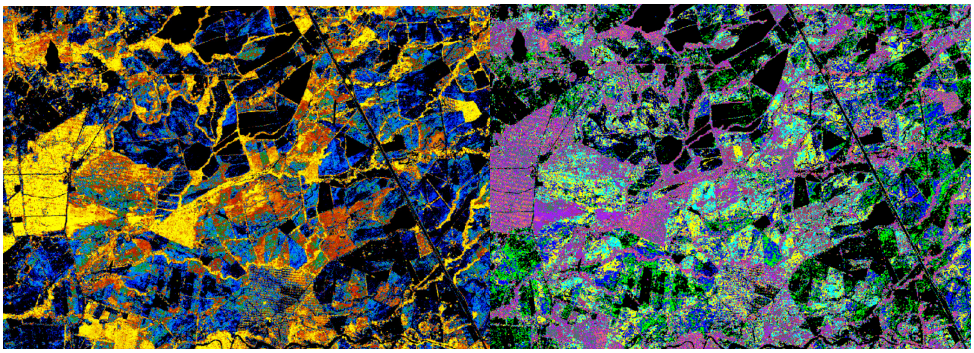
$$OIF = \frac{Sumade Desviación\ de\ 3\ bandas\ individuales}{Suma\ de coeficientes\ de\ correlación\ para\ 3\ bandas} \quad (5)$$

Una vez realizadas las correcciones básicas para las imágenes Hiperespectrales como saturación, emitencia y error atmosférico procedemos a realizar mediante lenguaje de programación Matlab, el OIF para determinar la mejor combinación de bandas quitando la mayor ambigüedad de información. En la tabla 1 se muestra los mejores resultados del OIF.

Banda 1	Banda 2	Banda 3	OIF
91	350	353	90.86%
81	269	354	78.81%
119	273	352	77.92%
77	258	353	34.97%
97	272	354	34.66%

Tabla 1 – Mejor combinación basados en modelo OIF

En la figura 4 a) se muestra la mejor combinación RGB-(91,35,353) según resultado del OIF, en 4-b) se muestra los resultados de corrección atmosférica y emitancia de materiales expuestos.



(a) (b)

Figura 4 – a) Mejor combinación basados en resultados OIF, b) resultados de corrección atmosférica y emitancia de materiales expuestos.

5.3. Clasificación por divergencia de información espectral

Dado un píxel Hiperespectral (vector) $x = (x_1, x_{2,..,} x_D)^T$, cada elemento x_i y x_j es un valor de la banda B_i adquirido en una determinada longitud de onda (wavelength) λ_i. De hecho, todos los componentes x_i en x_j no son negativos. Por tanto, definimos una medida de probabilidad P para . Debido a la naturaleza de la radiancia o reflectancia, podemos definir una probabilidad de medida P para x donde:

$$pi = p(x_i) = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^{D} x_i} \tag{6}$$

El vector $P(x) = (p_1 + p_2 + \ldots p_D)^T$ es el vector de probabilidad deseado resultante del vector de píxeles $x = (x_1, x_2, \ldots x_D)^T$. Como sabemos, cualquier píxel x en una HSI (Imagen HiperSpectral) puede ser visto como una única fuente de información que consta de D bandas, por lo que su variabilidad espectral se puede describir mediante estadísticas gobernado por $P(x)$.

Suponga que otro píxel y en una HSI, y su vector $Q(x) = (q_1 + q_2 + \ldots q_D)^T$, donde:

$$q_i = q(y_i) = \frac{y_i}{\sum_{i=1}^{D} y_i} \tag{7}$$

Con base en la teoría de la información, podemos definir la auto información de los píxeles x y y, respectivamente, que es una combinación de la auto información de la i-enésima banda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} &I_i(x) = -\log(p_i), \\ &I(x) = (I_1(x), I_2(x), \ldots I_D(x))^T \end{aligned} \tag{8}$$

$$I_i(y) = -\log(q_i),$$
$$I(y) = (I_1(y), I_2(y), \ldots I_D(y))^T \tag{9}$$

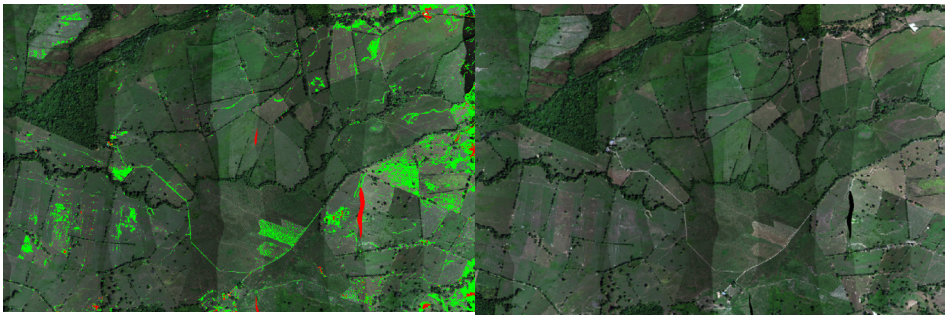
La entropía relativa de y con respecto a x se puede definir por

$$CE(x,y) = \sum_{i=1}^{D} p_i CE(x_i, y_i) = \sum_{i=1}^{D} p(I_i(y) - I_i(x))$$
$$= \sum_{i=1}^{D} p_i \log\left(\frac{p_i}{q_i}\right) = P^T(x) * (I(y) - y(x)) \tag{10}$$

En la ecuación 10, $CE(x,y)$ también se conoce como Kullback-Leibler medida de información de divergencia dirigida o entropía cruzada (Kullback, 1959). Como resultado de la ecuación 10, podemos obtener un sistema Hiperespectral simétrico con una medida de similitud, denominada SID. SID se puede utilizar para medir la similitud espectral entre dos píxeles x y y ,

$$SID(x,y) = CE(x,y) + CE(x,y)$$
$$= P^T(x) * (I(y) - I(x)) + Q^T(y) * (I(x) - I(y)) \tag{11}$$

Este ofrece una nueva visión de la similitud espectral desde la perspectiva de la teoría de la información, que calcula la entropía relativa para tener en cuenta la información espectral proporcionada por cada píxel y de esta forma generar una mejor clasificación no basándonos en 3 bandas sino basados en el perfil espectral y todas las bandas que componen la imagen sin importar la cantidad de elementos de la imagen. (E. Zhang, 2014).



(a) (b)

Figura 4 – (a) Mosaico de imágenes Hiperespectrales de la zona de estudio, (b) Mapa temático de clasificación de minerales en zonas descubiertas basados en herramientas de divergencia espectral.

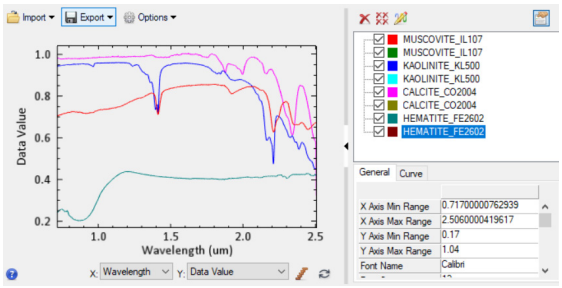
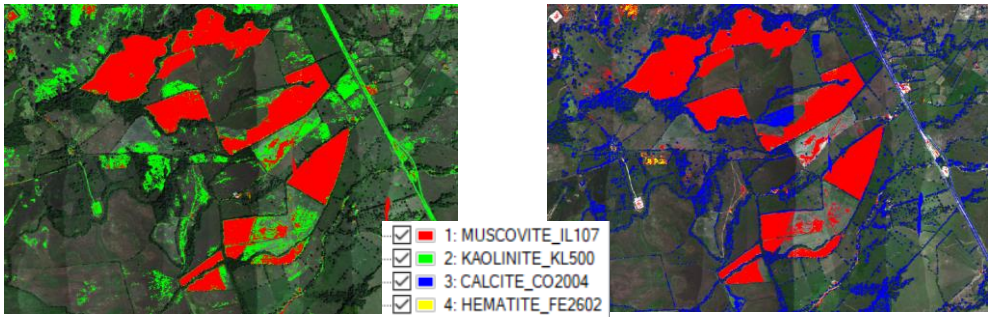


Figura 5 – Perfiles espectrales base. Fuente: Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (International Geoscience and Geoparks Programme (IGCP))

Se utilizarán a manera de referencia para este estudio los minerales indicadores como la Moscovita (micas alumínicas), la Caolinita presente en las arcillas, la Calcita formada por carbonato cálcico, los llamados minerales carbonosos, nitratos, y la Hematita que es uno de los minerales más comunes de color rojizo por su composición férrica que están presentes en las areniscas. Se pretende analizar estos materiales minerales como base para indicar el ambiente geológico en que se formaron, lo cual será de gran relevancia para determinar zonas de interés y con potencial de exploración.

6. Resultados

Se verificarán dos métodos para la clasificación supervisada primero basados en máquinas de soporte vectorial y posteriormente por clasificación de divergencia espectral, nos basaremos en 2 conceptos como base para la comprobación, el primero el mapa geológico base para saber las asociaciones mineralógicas y basados en el mapa geoquímico de la zona que tendrá la concentración de material en algunas zonas conocidas; en este caso la zona de trabajo designa asociaciones orientadas hacia la búsqueda de hidrocarburos, aunque podríamos orientar a búsqueda de cualquier tipo de elemento en el suelo descubierto, lo que nos da como base de exploración la búsqueda de Moscovita IL107, Caolinita KL500, Calcita CO2004 y Hematita FE2602 como elementos indicadores



(a) (b)

Figura 6 – a) clasificación basada en Divergencia de información Espectral, b) Maquinas de soporte Vectorial.

Las matrices de confusión son la forma más usual y estándar de informar sobre la exactitud temática de productos derivados de la clasificación de datos procedentes de imágenes. En este marco, son ampliamente utilizados dos índices: el porcentaje global y el índice Kappa. la matriz de confusión ha sido adoptada, como un estándar para informar sobre la exactitud temática de cualquier producto de datos derivados de la teledetección. Por supuesto, esta misma herramienta puede ser utilizada para evaluación de la calidad temática de cualquier tipo de dato espacial, En esta línea, la matriz de confusión aparece reconocida en la Norma Internacional ISO 19157, relativa a la calidad de la información geográfica, como un mecanismo para ofrecer los resultados de la calidad temática de productos vectoriales o derivados de imágenes (Ariza Lopez, 2018).

Se genera matriz de confusión para verificar las clasificaciones en cada uno de los métodos primero el método de divergencia espectral (ver tabla 2, 3, 4 y 5)

Class	MUSCOVITE	KAOLINITE	CALCITE	HEMATITE	TOTAL
Unclassified	0	0	4	18	0
MUSCOVITE_IL1	5005	1	7	2	5015
KAOLINITE_KL5	0	916	40	0	956
CALCITE_CO200	0	0	112	0	112
HEMATITE_FE26	0	0	0	143	143
TOTAL	5005	921	177	145	6248

Precisión Global= (6176/6248) = 98.8476%

Tabla 2 – Análisis de Matriz de confusión para la clasificación de divergencia espectral basado en perfiles espectrales

Class	Producer	%	Omission Error	%	Commission	%
Muscovite_Il1	5005/5005	99.8	10/5015	0.2	0/5005	0.00
Kaolinite_Kl5	916/921	95.82	40/956	4.18	5/921	0.54
Calcite_Co200	112/177	100	0/112	0	65/177	36.72
Hematite_Fe26	143/145	100	0/143	0	2/145	1.38

Coeficiente kappa = 96.54%

Tabla 3 – Análisis de Matriz de confusión para la clasificación de divergencia espectral basado en perfiles espectrales, Precisión del productor (medida del error de omisión, error de comisión)

Class	MUSCOVITE	KAOLINITE	CALCITE	HEMATITE	TOTAL
Unclassified	560	450	245	280	1535
MUSCOVITE_IL1	4652	1	4	2	4659
KAOLINITE_KL5	0	500	0	0	500
CALCITE_CO200	0	0	112	0	112

Class	MUSCOVITE	KAOLINITE	CALCITE	HEMATITE	TOTAL
HEMATITE_FE26	0	0	0	187	187
TOTAL	5212	951	361	469	6993

Precisión Global = (6176/6993) = 88.31%

Tabla 4 – Análisis de Matriz de confusión para la clasificación de máquinas de soporte vectorial

Class	Producer	%	Omission Error	%	Commission	%
Muscovite_Il1	4652/5212	89.26	560/5212	10.74	4652/4659	0.05
Kaolinite_Kl5	500/951	52.57	451/951	47.43	6/500	0.05
Calcite_Co200	112/361	31.02	249/361	68.98	65/112	58.04
Hematite_Fe26	187/469	39.87	282/469	60.13	4/187	0.02

Coeficiente kappa = 82.33%

Tabla 5 – Análisis de Matriz de confusión para la clasificación de máquinas de soporte vectorial, Precisión del productor (medida del error de omisión, error de comisión)

7. Conclusiones

Se implemento el análisis radiométrico y espectral de los diferentes tipos de materiales expuestos, generando mapas de composición mineralógica del suelo, composición de rocas bases y asociaciones minerales presentes en la zona de estudio, los mejores resultados se obtuvieron utilizando el método de divergencia espectral y pueden utilizarse los perfiles de la IGCP como base para la identificación de materiales expuestos o minerales indicadores.

Se genera un aporte a los mapas geológicos base de las regiones de estudio, ya que estos, aunque muestran los diferentes tipos de asociaciones lito-estratigráficas solo se limita las áreas generales y no se especifica zonas ni cantidades de materiales presentes en la zona.

Se lograron clasificar los diferentes materiales expuestos en suelo descubierto, basándonos en imágenes Hiperespectrales y los perfiles espectrales de los materiales presentes en el área de estudio; con este proceso se mejorará la clasificación y el comportamiento de cada de los materiales dentro de las diferentes bandas espectrales, además de determinar la posición y asociación mineral que ayudará a determinar zonas de alta riqueza mineralógica y exploración.

El OIF o índice de Fusión Optimo en imágenes Hiperespectrales no determino una mejoría de la información en cuanto al uso de la clasificación por Divergencia Espectral, ya que este método toma en consideración toda la riqueza espectral de las bandas sin que importe la redundancia de información.

Los resultados obtenidos (tabla 2, 3, 4 y 5), según la matriz de confusión y en busca de sus índices globales y coeficiente Kappa para sustentar la mejor clasificación según la ISO 19157, dando como resultado Maquinas de soporte vectorial con una precisión

global de 88.3% y Coeficiente kappa = 82.33%, se determina como mejor clasificador de imágenes Hiperespectrales el método de clasificación por divergencia Espectral con una precisión global de 98.84% y coeficiente kappa de 96.54%.

Referencias

Ariza López, F. J., Rodríguez Avi, J., & Alba Fernández, V. (2018). control estricto de matrices de confusión por medio de binomiales. *Revista Internacional de Ciencias y Tecnologia de la Informacion Geografica, 21*, 215-226.

Calvo, C. G. (2011). Procesamiento a bordo de imágenes hiperespectrales de la superficie terrestre mediante hardware reconfigurable. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Chávez, J. L. (2010). *Tratamiento digital de imágenes multiespectrales* (Universidad Nacional Autónoma de México ed., Vol. Segunda edicion). Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico.

E. Zhang, X. Z. (2014). *Improving Hyperspectral Image Classification Using Spectral Information Divergence," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter*. Berlin.

El-Darymli, K. M. (2012). *Understanding the Significance of Radiometric Calibration for SAR Imagery: A Radar Equation Perspective*. Newfoundland, Canada.

Gázquez, J. D. (Febrero de 2018). Clasificación de imágenes multiespectrales e hiperespectrales de alta resolución . págs. 59-158.

Gázquez, J. D. (2018). *Clasificación de imágenes multiespectrales e hiperespectrales de alta resolución para la Adquisicion de Mapas tematicos*. Madrid: Universidad Politecnico de Madrid.

Kratt, C., Coolbougth, M., & Pepping, I. (2012). Identification of a New Blind Gepthermal System with Hyperspectral Sending and Shaloow temperature measurements at Columbia, EEUU, Columbia.

Marinoni, A., & Gamba, P. (2016). Accurate Detection of Anthropogenic Settlements in Hyperspectral Images by Higher Order Nonlinear Unmixing. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 9*(5), págs. 1792–1801.

SpecTIR. (2008). Mineral exploration in the western United States for using visible – short wave infrared and a mid wave – long wave infrared hyperspectral imagers: Joint Airborne Collection using Hyperspectral Systems (JACHS), Berlin.

Yang, H. (1999). Phd thesis: Imaging Spectrometry for Hidrocarbon Microseepage. Seul, Corea: Instituto Tecnologico de Corea del Sur publishers.

Yolanda Fernandez, J. S.-R. (2016). Imagenes SAR y conceptos de Polarimetria . Climate Change , 42-65.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 03/10/2020
Aceitação/Acceptance: 09/12/2020

Factores sociales y humanos que influyen en la productividad del desarrollo de software: Medición de la percepción

Liliana Machuca-Villegas[1,2], Gloria Piedad Gasca-Hurtado[2], Solbey Morillo Puente[2], Luz Marcela Restrepo Tamayo[2]

liliana.machuca@correounivalle.edu.co; gpgasca@udem.edu.co; smorillo@udem.edu.co; lmrestrepo@udem.edu.co

[1] Universidad del Valle, Calle 13 # 100-00, 760032, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

[2] Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, 50026, Medellín, Colombia.

Pages: 488-502

Resumen: Los factores sociales y humanos juegan un rol importante en el proceso de desarrollo de software. Son factores que pueden influir en el éxito de los proyectos de software y en la productividad de los equipos de trabajo. El objetivo de esta investigación es medir la percepción de integrantes de equipos de desarrollo de software sobre factores sociales y humanos que influyen en su productividad. Para tal fin, se aplicó un cuestionario autoadministrado a 112 ingenieros integrantes de equipos de desarrollo de software. A partir del análisis descriptivo realizado, se evidencia la percepción de los participantes de la encuesta. Dentro de los indicadores más relevantes se encuentra el alto nivel de percepción de estar de acuerdo que tienen los participantes frente a la influencia de los factores sociales y humanos analizados en la productividad del desarrollo de software.

Palabras-clave: Factores sociales y humanos; equipos de desarrollo de software; productividad en el desarrollo de software; análisis descriptivo.

Social and Human Factors Influencing Software Development Productivity: Perception Measurement

Abstract: Social and human factors have an important role in the software development process. These factors can influence the success of software projects and in teamwork's productivity. The objective of this research is to measure the perception of software development team members about social and human factors influence their productivity. In order to achieve this objective, an auto-management questionnaire was applied to 112 engineers of software development teams. From descriptive analysis realized it is evident the perception of the participants in the survey, we found a high level of agreement on participant perceptions about the influence of the social and human factors analyzed in software development productivity.

Keywords: Social and human factors, software development team, software development productivity, descriptive analysis.

1. Introducción

La Ingeniería de Software se enfrenta cada día a los nuevos y exigentes retos que demanda el mercado, lo que exige mejorar el proceso de desarrollo de software, toda vez que se requiere desarrollar productos más complejos que satisfagan las necesidades de los clientes, y deben ser entregados en tiempos y costos cada vez más reducidos.

El producto de software es el resultado de la ejecución de actividades de un equipo de trabajo. Este equipo debe tener y desarrollar habilidades para la resolución de problemas, aspectos cognitivos e interacción social (Capretz, 2014). Por consiguiente, los factores sociales y humanos (FSH) juegan un rol importante en el proceso de su desarrollo (Capretz & Ahmed, 2018) y, por lo tanto, son factores que pueden influir en el éxito de los proyectos y en la productividad de los equipos de trabajo (Ruiz & Salanitri, 2019).

Se han identificado factores que influyen en la productividad del desarrollo de software desde un punto de vista técnico, organizacional y humano (Cunha De Oliveira, 2017). Por ejemplo, Wagner y Ruhe (2008) realizaron una revisión sistemática de literatura donde clasifican los factores en factores técnicos y en factores no técnicos. Mencionan que el esfuerzo en la comunicación es un factor importante para la productividad, y señalan que la comunicación puede verse afectada cuando hay muchas personas trabajando en un mismo equipo.

Los resultados del estudio de Trendowicz y Münch (2009) expresan que el éxito de los proyectos de software aún depende de las capacidades de las personas y de las herramientas utilizadas. Los autores presentan al factor *Team capabilities and experience* como el más destacado, el cual abarca *Programming language experience, Application experience & familiarity y Project manager experience & skills*.

Paiva et al. (2010) afirman que los factores más mencionados en su revisión de literatura son: *experience of the team, programming language used, code reuse, size of the project y consistent requirements*. A su vez, realizaron una consulta a desarrolladores de diferentes empresas y observaron el nivel de influencia de los factores. Los factores considerados como los más importantes fueron: *Motivation, Salary, Work environment, Commitment and Experience.*

Dutra, Prikladnicki, y França (2015) se enfocaron en conocer los factores que influyen en los equipos de alto rendimiento, e identificaron que los factores más predominantes fueron la motivación y la comunicación. Para de Barros Sampaio et al. (2010) los factores más citados fueron *Process, Motivation, Requirements stability, Management Quality, Team's skills, Reuse, Tools, Programming language, Software size, Team size, Software complexity*.

Por otra parte, se han realizado consultas a desarrolladores de software sobre factores de influencia en la productividad del desarrollo de software. En el estudio de Murphy-hill et al. (2019) se presenta un conjunto de 48 factores, destacándose los factores *entusiasmo en el trabajo*, el *apoyo de compañeros para nuevas ideas* y la *recepción de comentarios* como factores útiles sobre el desempeño. Canedo y Santos (2019) hacen una clasificación en cuatro categorías: Producto, Personas, Organización y Proyectos *Open-Source*. En la

clase Persona incluyen factores como *motivación*, *cohesión del equipo*, *comunicación, colaboración*, *habilidades y competencias*, entre otros.

Motivados por la necesidad de diseñar estrategias de mejora de procesos y nuevos enfoques de trabajo que promuevan los factores clave de éxito para el desarrollo de software, se realizó un estudio de medición de percepción de los integrantes de equipos de desarrollo de software sobre los FSH que influyen en su productividad. Con los resultados del estudio, se espera aportar a la definición de estrategias de mejora para dichos equipos, asociadas a factores que influyen en la productividad desde el punto de vista social y humano.

Este estudio hace parte de un proyecto de investigación cuyo primer resultado fue la identificación de 13 factores a partir de una revisión terciaria de literatura (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019) y de la revisión de dichos factores desde el punto de vista psicológico y de la Ingeniería de Software (Machuca-Villegas, Gasca-Hurtado, Restrepo Tamayo, & Morillo Puente, 2020).

Con esta investigación se espera corroborar si la influencia de los FSH, reportados en la literatura, en la productividad de los equipos de desarrollo de software son a su vez percibidos como tal por los integrantes de dichos equipos. Así mismo, se pretende que las organizaciones de software puedan sacar provecho del conocimiento de estos FSH y contribuir a la disminución de fallas en la gestión de proyectos de software, reducción del tiempo de desarrollo y del costo del software, y mejoras de la productividad del equipo.

Estos hallazgos pueden contribuir con el manifiesto de Capretz y Ahmed (2018) para llamar la atención de los profesionales de Ingeniería de Software sobre la importancia de tener en cuenta los factores sociales y de personalidad, tales como, trabajo en equipo, motivación, compromiso, liderazgo, multiculturalismo, emociones, habilidades interpersonales.

En las siguientes secciones se presenta un resumen de las definiciones de los FSH consultados (Sección 2); el diseño del estudio (Sección 3); el análisis descriptivo de los resultados (Sección 4) y su discusión (Sección 5). Finalmente, se listan las conclusiones y el trabajo futuro (Sección 6).

2. FSH que influyen en la productividad del desarrollo de software

El proceso de desarrollo de software se caracteriza por ser una actividad centrada en las personas, por lo tanto, los FSH tienen especial influencia en este proceso (Li-na & Zhong-wei, 2004) (Amrit, Daneva, & Damian, 2014). Se consideran como factores de éxito para los proyectos de software y juegan un papel importante en la productividad del desarrollo de software.

En (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019) se identificaron 57 FSH evaluados desde el punto de vista psicológico y de la Ingeniería de Software. El análisis realizado para lograr este conjunto de FSH incluyó el estudio de su significado, la relación entre ellos y su complejidad dentro del contexto de esta investigación. Como resultado de este estudio se seleccionaron 13 FSH (Machuca-Villegas et al., 2020) que son el objeto de consulta de este estudio (Tabla 1) como ya se indicó previamente.

FSH	Definición
Comunicación	Se concibe dentro de la naturaleza social del ser humano como la forma en la que un sujeto se vincula a otro (Vallejo-Nágera, 2002). Es lo que media toda interacción humana como el puente que permite transmitir pensamientos, emociones e información (Consuegra, 2010).
Colaboración	En un equipo de trabajo, la colaboración se manifiesta cuando varios individuos trabajan juntos para beneficio mutuo (Tomasello, 2010).
Compromiso	Corresponde al nivel de responsabilidad que un sujeto está dispuesto a asumir en sus tareas dentro de su equipo de trabajo, así como el equipo de trabajo es responsable de las metas planteadas dentro del proyecto (Vallejo-Nágera, 2002).
Motivación	Mueve a la persona hacía la acción (Vallejo-Nágera, 2002). La motivación es interna al individuo, tiene intensidad, fuerza y duración, varía en función del objetivo, y determina parte del comportamiento humano (Hernández, 2014).
Satisfacción laboral	La satisfacción en el trabajo está determinada por la discrepancia entre lo que uno quiere y lo que uno tiene en un trabajo (Judge, Piccolo, Podsakoff, & Shaw, 2010). Está en función del contenido o de las actividades desafiantes y estimulantes del cargo.
Liderazgo	Es la capacidad de influencia que tienen algunas personas dentro del equipo de trabajo dirigida a alcanzar las metas y objetivos de este (Vivas et al., 2009).
Innovación	Puede manifestarse en un individuo o equipo de trabajo a partir del pensamiento creador como la capacidad para establecer nuevas relaciones entre hechos o para integrarlos de una manera diferente a la habitual, original e innovadora (Vallejo-Nágera, 2002).
Inteligencia emocional	Capacidad que tiene un individuo para identificar y procesar adecuadamente sus emociones, de modo que no se vea dominado por ellas, sino que, por el contrario, esté en control de su comportamiento (Feldman, 2014) (López & González, 2009).
Autonomía	Facultad para tomar decisiones en el ámbito laboral de forma independiente a la gerencia. (Dutra, Prikladnicki, & França, 2015).
Empatía y Relaciones interpersonales	Empatía es el estado mental en el que un sujeto se identifica con otra persona o grupo, compartiendo el mismo estado de ánimo. En la interacción social se plantean valores como el respeto, lo que implica un consenso general en las reglas del grupo, marcando límites y estableciendo un margen sobre el cual todos deben ser tanto proveedores como beneficiados (Vallejo-Nágera, 2002). De esta manera, se promueven buenas relaciones interpersonales como naturaleza social del ser humano dentro de las dinámicas de socialización con sus allegados en su grupo de trabajo.
Cohesión del equipo	La cohesión de un equipo de trabajo se refiere al nivel de integración que hay entre sus miembros de modo que todos los esfuerzos estén dirigidos a la misma meta común (Vallejo-Nágera, 2002).
Capacidades y Experiencia en el proceso de desarrollo de software	Es el conocimiento y la experiencia en el análisis, diseño y desarrollo de un producto de software de acuerdo con el rol ejercido por cada miembro del equipo de trabajo. Implica la familiaridad con el dominio de la aplicación, con las plataformas de hardware y software, y con las herramientas y lenguajes de programación.
Capacidades y Experiencia en la gestión de proyectos de desarrollo de software	Es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas dirigidas a las actividades del proyecto para alcanzar los requisitos de este (Project Management Institute & IEEE Computer Society, 2013).

Tabla 1 – Factores sociales y humanos que influyen en la productividad del desarrollo de software (Machuca-Villegas et al., 2020)

3. Diseño del estudio

Esta investigación siguió un estudio basado en encuesta (Kitchenham & Pfleeger, 2008) para reunir información acerca de la percepción de los integrantes de equipos de desarrollo de software sobre los FSH que influyen en su productividad.

3.1. Procedimiento

Se realizó una consulta a integrantes de equipos de desarrollo de software de Colombia. El enlace del instrumento fue compartido vía correo electrónico y redes sociales entre diferentes contactos del equipo investigador. El instrumento estuvo disponible durante los meses febrero y marzo de 2020, logrando obtener un total de 112 participantes (sujetos).

3.2. Participantes

La Tabla 2 describe las características de los sujetos relacionadas con su género y nivel de educación. La distribución según género presenta una mayor prevalencia del sexo masculino (75.9%). En cuanto al nivel académico, todos son profesionales y el 47.4% tiene al menos un estudio de postgrado.

Variable	Categorías	N°	%
Sexo	Masculino	85	75,9
	Femenino	27	24,1
Nivel educativo	Pregrado	59	52,7
	Especialización	21	18,8
	Maestría	31	27,7
	Doctorado	1	0,9

Tabla 2 – Descripción de los participantes

Respecto al rol desempeñado en la empresa donde laboran, es necesario señalar que las respuestas mostraron que tenían más de un rol. Por lo tanto, se crearon variables ficticias[1] o dummy (Hair, Anderson, Tatham, & Black, 1999) dicotomizando a partir de la existencia o no del rol. Esto llevó a crear 14 variables asociadas al rol como se indica en la Tabla 3.

Rol	Si		No	
	N	%	N	%
Analista	41	36,6	71	63,4
Business Analyst SSr Adv	1	0,9	111	99,1

[1] Una variable ficticia es una variable dicotómica que representa una categoría de variable independiente no métrica. Cualquier variable no métrica con k categorías puede ser representada como variable ficticia k-1 (p. 75).

Consultor	3	2,7	109	97,3
Coordinador	1	0,9	111	99,1
Data Architect	1	0,9	111	99,1
Data Scientist	1	0,9	111	99,1
Desarrollador	72	64,3	40	35,7
Gerente	22	19,6	90	80,4
Líder	44	39,3	68	60,7
Líder de Equipo	31	27,7	81	72,3
Líder de Proyecto	23	20,5	89	79,5
Líder de soporte	1	0,9	111	99,1
Miembro del equipo de calidad de software	5	4,5	107	95,5
Tester	16	14,3	96	85,7

Tabla 3 – Rol desempeñado en la empresa por los desarrolladores de software.

3.3. Instrumento

Se diseñó una encuesta bajo la modalidad de cuestionario autoadministrado, contentiva de 79 ítems distribuidos en 13 FSH. El cálculo del Coeficiente de Validez de Contenido y del *Cronbach Alpha Coefficient* fueron utilizados para evaluar la validez y confiabilidad del instrumento. Se obtuvo un Coeficiente de validez de contenido de 0.86, lo que indica que el instrumento es válido. Y un valor del *Cronbach Alpha Coefficient* 0.958 por lo que se considera que el instrumento es confiable.

4. Resultados

En esta sección se presentan los resultados del análisis de los FSH considerados como escalas, esto significa que para cada factor se calculó un puntaje que se obtuvo a partir de la suma de las respuestas dadas por los participantes a los ítems que conforman cada uno de los factores en una escala Likert de acuerdo, donde 1 indica totalmente en desacuerdo y 4 totalmente de acuerdo, sin punto intermedio neutral.

Los factores se describen con promedios y desviación típica. En la Tabla 4 se muestran los estadísticos para los 13 FSH.

FSH	**Estadístico**							
	ED1	**ED2**	**ED3**	**ED4**	**ED5**	**ED6**	**ED7**	**ED8**
Comunicación	22,0179	2,06639	-0,866	17	24	21	23	24
Compromiso	17,9018	2,06192	-0,688	12	20	16	18,5	20
Motivación	17,4554	1,98593	-0,562	11	20	16	18	19
Satisfacción laboral	23,3393	2,74618	-0,07	17	28	21	24	25
Inteligencia Emocional	27,4375	3,11573	-0,184	20	32	25	28	30
Colaboración	14,4375	1,54092	-0,663	10	16	13	15	16

Cohesión del equipo	19,2143	2,88028	-0,276	11	24	17	19,5	21
Empatía y relaciones interpersonales	29,2321	3,3016	-0,121	19	36	27	29	32
Liderazgo	24,0446	2,7093	-0,657	15	28	21,25	25	26
Autonomía	16,37	2,17	0,405	13	20	15	16	18
Innovación	19,55	2,15	-0,34	14	24	18	20	21
Capacidades y Experiencia en el proceso de desarrollo de software	20,02	2,47	-0,153	14	24	18	20	22
Capacidades y Experiencia en la gestión de proyectos de desarrollo de software	12,56	2,31	-0,287	6	16	11	12	14

Tabla 4 – Estadísticos descriptivos de los FSH.

ED1: Promedio. ED2: Desviación típica. ED3: Asimetría. ED4: Puntaje mínimo. ED5. Puntaje máximo. ED6: Percentil 25. ED7: Percentil 50-Mediana. ED8: Percentil 75.

A continuación, el análisis para cada FSH.

4.1. Comunicación

El factor Comunicación es una escala aditiva de seis ítems, por lo que su fluctuación teórica está entre 6 puntos (totalmente en desacuerdo) y 24 puntos (totalmente de acuerdo), y un promedio teórico de 15 puntos. Entre los encuestados, se registró una media de 22,02± 2,07 puntos, siendo este promedio mayor en siete puntos con respecto a la media teórica, lo cual indica que hubo una tendencia a estar totalmente de acuerdo con los planteamientos relacionados con la comunicación que contribuyen a mejorar la productividad del proceso de desarrollo de software (Tabla 4). La distribución de las respuestas es asimétrica negativa, mostrando que la mayoría de los datos están por encima de la media del grupo, así se puede observar que la mitad de los encuestados registró un puntaje mayor que 23 puntos y que uno de cada cuatro desarrolladores de software, alcanzaron un puntaje en motivación por encima de los 24 puntos, siendo este el valor máximo y 17 el mínimo. Vale la pena destacar que el puntaje mínimo empírico dista en 11 puntos del mínimo teórico (6 puntos).

4.2. Compromiso

En el factor Compromiso que estaba formado por cinco ítems se encontró que el rango de oscilación empírica se ubicó entre 12 y 20 puntos, coincidiendo este último valor con el máximo teórico de la escala, pero distanciándose del punto de inicio teórico (5 puntos). El valor promedio de comunicación fue de 17,9 ± 2,06 puntos, que, comparado con la media teórica (12,5 puntos), resulta mayor en cinco puntos sugiriendo que las respuestas de los encuestados tendieron a ser del extremo totalmente de acuerdo. La mitad de los encuestados asignaron un puntaje menor o igual que 18,50 puntos, mayor que la media del grupo, una cuarta parte registró valores superiores a 20 puntos y otra cuarta parte

registró valores menores que 16 puntos. Al igual que en el factor Comunicación, hay una asimetría negativa en los datos (-0,688). Los resultados se presentan en la Tabla 4.

4.3. Motivación

Cinco ítems forman la escala del factor Motivación, cuyo promedio teórico es de 12,5 puntos y una oscilación teórica entre 5 y 20 puntos. En la muestra, el promedio empírico superó a la media teórica en cinco puntos (17,46± 1,99 puntos) indicando la tendencia de los encuestados a estar de acuerdo con los ítems de motivación. La mayoría de los puntajes está por encima del promedio del grupo, registrándose una asimetría negativa. El 25% de los encuestados puntuó entre 19 y 20 puntos (Tabla 4).

4.4. Satisfacción laboral

En el factor Satisfacción laboral que estaba formado por siete ítems se encontró que el rango de oscilación empírica se ubicó entre 17 y 28 puntos (Tabla 4), valores que divergen de los teóricos (7 – 35 puntos). El valor promedio del factor se ubicó en el extremo superior de la escala (23,3393±2,75 puntos) lo que denota que los encuestados respondieron en la alternativa "de acuerdo". Si elegimos al azar un encuestado, tiene la misma probabilidad de que su puntaje sea menor o mayor que 24 puntos. El 25% de las respuestas estuvo entre 25 y 28 puntos.

4.5. Inteligencia emocional

Para la escala del factor Inteligencia emocional se diseñaron ocho ítems, oscilando teóricamente entre 8 y 32 puntos, y un promedio teórico de 20 puntos. El promedio de inteligencia emocional es alto (27,44± 3,12 puntos), cercano al punto máximo teórico y empírico de la escala (32 puntos) revelando que los encuestados en su mayoría se mostraron de acuerdo con las afirmaciones referidas a la inteligencia emocional que ayudan a mejorar la productividad del proceso de desarrollo de software (Tabla 4). Más de la mitad de las puntuaciones de inteligencia emocional están por encima del promedio muestral, así se puede observar que la mitad de los encuestados registró un puntaje mayor que 28 puntos y de cada ocho desarrolladores de software, dos puntúan por encima de los 30 puntos. El puntaje mínimo empírico se aleja 12 puntos del mínimo teórico (8 puntos).

4.6. Colaboración

El factor Colaboración, constituido por cuatro ítems, mostró un rango de oscilación empírica entre 10 y 16 puntos, concordando este último valor con el puntaje máximo teórico, pero alejado del punto mínimo teórico (4 puntos). El puntaje de colaboración promedio fue de 14,44 ± 1,54 puntos, siendo 4,4 puntos mayor que la media teórica (10 puntos) lo cual revela que los encuestados tendieron a responder en los extremos totalmente de acuerdo y de acuerdo. El 50% de los encuestados obtuvo un puntaje menor o igual a 15 puntos, ligeramente superior a la media muestral; una cuarta parte registró puntajes superiores a 16 puntos y otra cuarta parte registró puntajes menores que 13 puntos. La distribución de los datos es asimétrica negativa (-0,663). Los resultados se presentan en la Tabla 4.

4.7. Cohesión de equipo

Para crear la escala Cohesión de equipo se emplearon seis ítems, cuyo promedio teórico es de 15 puntos y una oscilación teórica entre 6 y 24 puntos. Empíricamente, la media tuvo un valor de 19,21± 2,88 puntos, que se ubica en el tercio superior de la escala, revelando que los encuestados se inclinaron por las opciones del extremo correspondiente a estar de acuerdo en alguna medida. La asimetría de los puntajes es negativa, es decir, la mayoría está por encima de la media muestral. Una cuarta parte de los encuestados obtuvo puntajes entre 21 y 24 puntos y otra cuarta parte entre 11 y 17 puntos (Tabla 4).

4.8. Empatía y Relaciones interpersonales

En el factor Empatía y Relaciones interpersonales que estaba formado por nueve ítems, los resultados que se resumen en la Tabla 4 permiten apreciar que la oscilación empírica y teórica discrepan, teniendo así que el rango muestral se ubicó entre 19 y 36 puntos, en tanto que el teórico está entre 9 y 36. La media muestral se ubicó en el extremo superior de la escala (29,23±3,3puntos) lo que denota que los encuestados respondieron en su mayoría en la alternativa "de acuerdo". Un encuestado elegido al azar tiene la misma probabilidad de que su puntaje esté por encima o por debajo de 29 puntos. El 25% superior de los puntajes estuvo entre 32 y 36 puntos.

4.9. Liderazgo

En la Tabla 4 se presentan los descriptivos de la escala de Liderazgo, cuyo promedio teórico es de 17,5 puntos y fluctuación teórica entre 7 y 28 puntos, en tanto que estaba formada por siete ítems. Empíricamente, la oscilación de los puntajes estuvo entre 15 y 28 puntos, es decir, las respuestas se acercaron al extremo superior de la escala (con una media 24,05± 2,71 puntos), lo que revela que hubo una tendencia al acuerdo con los ítems de liderazgo. La mayoría de los puntajes está por encima del promedio del grupo, registrándose una asimetría negativa. Uno de cada cuatro encuestados puntuó entre 15 y 21,25 puntos. La mitad, alcanzó como máximo 25 puntos y el 25% superó los 26 puntos.

4.10. Autonomía

En el factor Autonomía, que se calculó a partir de la sumatoria de las respuestas a cinco ítems, se registró un rango de oscilación empírica entre 13 y 20 puntos (Tabla 4), coincidiendo con el máximo posible, pero no con el mínimo (5– 20 puntos). El valor promedio del factor se ubicó en el cuarto superior de la escala (16,36±2,17 puntos) lo que indica que los encuestados respondieron mayormente en la alternativa "de acuerdo". Si se elige un encuestado al azar, tiene la misma probabilidad de que su puntaje sea menor o mayor que 16 puntos. El 25% de los puntajes estuvo entre 18 y 20 puntos y otro 25% entre 13 y 15 puntos. A diferencia de los factores anteriores, la distribución de los puntajes de Autonomía tuvo una distribución asimétrica positiva, es decir, la mayoría de los puntajes está por debajo de la media del grupo.

4.11. Innovación

Para la escala Innovación, se tomaron seis ítems, oscilando teóricamente entre 6 y 24 puntos, y un promedio teórico de 15 puntos. El promedio de Innovación es de 19,55± 2,15

puntos, por encima de la media teórica de la escala, mostrando así que los encuestados en su mayoría se ubicó en el tercio superior de la escala, es decir, estuvieron de acuerdo con las proposiciones del factor Innovación que ayudan a mejorar la productividad del proceso de desarrollo de software (Tabla 4). Más de la mitad de las puntuaciones de inteligencia emocional están por encima de la media, ya que la mitad de los encuestados registró un puntaje mayor que 20 puntos y de cada cuatro desarrolladores de software, uno alcanza un puntaje mayor que 21 puntos. El puntaje mínimo empírico (14 puntos) está ocho puntos alejado del mínimo teórico.

4.12. Capacidades y experiencias en el proceso de desarrollo de software

El factor Capacidades y experiencias en el proceso de desarrollo de software, formado a partir de seis ítems, tuvo un rango de oscilación empírica entre 14 y 24 puntos, coincidiendo el puntaje máximo empírico con el teórico, pero diferenciado del mínimo teórico (6 puntos). El puntaje promedio de Capacidades y experiencias en el proceso de desarrollo de software fue de 20,02 ± 2,47 puntos, estando cinco puntos por encima de la media teórica (15 puntos) lo cual revela que los encuestados tendieron a responder en los extremos totalmente de acuerdo y de acuerdo. El 50% de los encuestados obtuvo un puntaje menor o igual a 20 puntos, similar a la media muestral, por lo que la asimetría es ligeramente positiva; una cuarta parte registró puntajes superiores a 22 puntos y otra cuarta parte menores que 18 puntos (Tabla 4).

4.13. Capacidades y experiencias en administración de proyectos de software

Para generar la escala Capacidades y experiencias en administración de proyectos de software se tomaron las respuestas de cuatro ítems, el promedio teórico es de 10 puntos y fluctúa teóricamente entre 4 y 16 puntos. El promedio muestral fue de 12,56± 2,31 puntos (Tabla 4), que sugiere que la tendencia de los encuestados fue estar de acuerdo en alguna medida con estas capacidades que contribuyen a mejorar el proceso de desarrollo de software. La asimetría de los puntajes es negativa, la mayoría está por encima de la media de la muestra. 25% de los encuestados obtuvo puntajes entre 14 y 16 puntos y otro 25% entre 6 y 11 puntos.

Además, los datos se normalizaron utilizando la técnica *Min-Max Normalization* (Shalabi, Shaaban, & Kasasbeh, 2006) para escalar los datos a un rango entre 0 y 1, dado que los puntajes de cada FSH no tenían el mismo rango de oscilación. De esta manera, se logró fijar el promedio de cada FSH en un mismo rango y poder realizar una comparación entre dichos FSH. En la Tabla 5 se presenta el cálculo de los datos normalizados y en la Figura 1. los FSH ordenados según los resultados obtenidos de la normalización.

Cantidad de ítems	Máximo teórico	Mínimo teórico	Estadístico	Promedio Normalizado
6	24	4	Comunicación	0,901
5	20	4	Colaboración	0,869
5	20	4	Compromiso	0,841
7	28	4	Motivación	0,806
8	32	4	Inteligencia Emocional	0,837

Cantidad de ítems	Máximo teórico	Mínimo teórico	Estadístico	Promedio Normalizado
4	16	4	Liderazgo	0,870
6	24	4	Satisfacción laboral	0,761
9	36	4	Empatía y relaciones interpersonales	0,789
7	28	4	Innovación	0,835
5	20	4	Autonomía	0,773
6	24	4	Cohesión del equipo	0,778
7	28	4	Capacidades y Experiencia en el proceso de desarrollo de software	0,668
4	16	4	Capacidades y Experiencia en la gestión de proyectos de desarrollo de software	0,713

Tabla 5 – Normalización de los datos

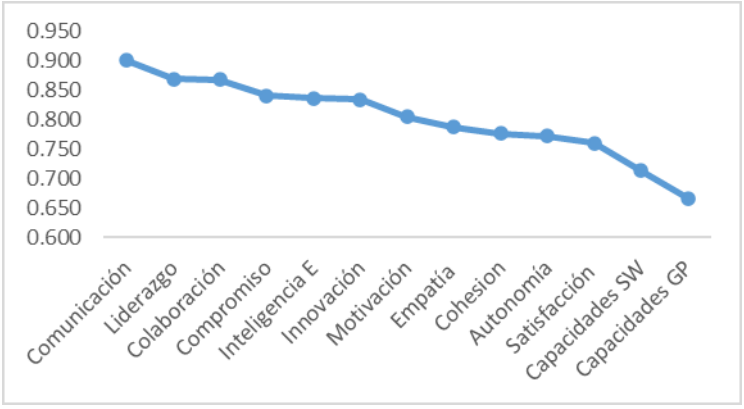


Figura 1 – FSH ordenados de acuerdo con la normalización de los datos

5. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que los 13 FSH consultados contribuyen a mejorar la productividad del desarrollo software, teniendo en cuenta las percepciones de los sujetos. El valor promedio de cada uno de los FSH está por encima de la media teórica, indicando, con ello, que la mayoría de las respuestas estuvieron dirigidas hacia los extremos *de acuerdo* y *totalmente de acuerdo* con las proposiciones referidas a cada factor. Por lo tanto, los datos corroboran que los FSH deberían ser considerados por los equipos de desarrollo de software para mejorar su productividad (Pirzadeh, 2010) (Gómez & Acuña, 2014) (Capretz, Ahmed, & da Silva, 2017)(Hidayati, Budiardjo, & Purwandari, 2020) y no solo aspectos técnicos. Además, sirven de sustento para las modificaciones curriculares que deben adelantarse en los programas de estudio asociados con esta

área a fin de que incluyan las habilidades blandas como parte del proceso de formación (Capretz & Ahmed, 2018).

Todos los FSH registran una asimetría negativa a excepción del FSH Autonomía que presenta una asimetría positiva, esto revela que la mayoría de sus puntajes están por debajo del promedio del grupo. Lo anterior significa que las respuestas de los encuestados en el FSH Autonomía tendieron a agruparse en los extremos que indicaban a un grado de desacuerdo. Por lo tanto, la percepción sobre este factor va en dirección contraria a la de los demás factores.

Los resultados de la normalización de los datos sugieren un orden de los FSH de acuerdo con la percepción de los sujetos. Este orden se establece entre el rango 0 y 1, siendo 1 el de mayor valor (Figura 1). En tal sentido, el factor Comunicación es el más destacado entre los FSH. La opinión de los integrantes de equipos de desarrollo de software está de acuerdo en que la comunicación influye en su productividad y es un apoyo importante. De igual manera, Wagner and Ruhe (2008) consideran que el esfuerzo en la comunicación es un factor importante para la productividad.

En una situación contraria a la del factor Comunicación, los FSH relacionados con las capacidades y experiencias de los integrantes de los equipos ocupan las últimas posiciones de este orden de percepción. De acuerdo con la opinión de los sujetos, esto podría significar un grado de menor importancia sobre este tipo de factores. Esto coincide con los resultados de Wagner y Ruhe (2008), quienes mencionan que la experiencia es importante en las entrevistas de trabajo pero en los estudios empíricos es insignificante.

La motivación y la satisfacción laboral también son FSH necesarios en el estudio de la productividad y son influyentes a nivel del equipo y del individuo (Hernández López, 2014). Los resultados de este estudio confirman esta necesidad. Respecto a la motivación, los encuestados expresan su interés en ser recompensados por las actividades realizadas, así como sentir que las tareas que realizan son valiosas para lograr los objetivos de la empresa o el proyecto. Para el caso de la satisfacción laboral, se percibe su consentimiento a sentirse satisfechos por la posibilidad de adquirir conocimiento adicional sobre desarrollo de software, así como en que las asignaciones de las tareas deben realizarse según el perfil profesional.

Si bien es cierto que las recompensas actúan como motivadores extrínsecos, se debe tener cuidado en su utilización ya que pueden generar efecto de desmotivación, desplazando la motivación intrínseca que es más efectiva (Werbach & Hunter, 2012).

Finalmente, se incluyen comentarios de algunos sujetos sobre la percepción de los FSH:

- “Encontré muy pertinentes tantos los ejes en los que dividen el cuestionario como las preguntas, súper necesarios, el software es hecho por personas y nunca un proyecto es igual a otro, no es como tener que sacar a producción un producto que siempre va a tener las mismas características, por eso el factor humano es súper importante.”
- “Este tipo de factores es lo que se busca en los grupos ágiles. Que todos estén abiertos a todo. Por eso más o menos es que el grupo este compuesto de líderes. Que si falta alguien pueda ser el apoyo en algún momento. Pues se entiende que un backend no puede hacer lo del front. Pero se pueden apoyar las actividades de

planeación. O si no está el que guía los scrum diarios, pueda alguien encargarse de ello."
- "El desarrollo de software es ingeniería aplicada en personas, con lo que esto implica, paradigmas y emociones ... Y más."
- "Excelente encuesta para tener en cuenta al momento de conformar un equipo de desarrollo de software."

6. Conclusiones y trabajo futuro

Esta investigación describe la percepción de integrantes de equipos de desarrollo de software acerca de 13 FSH que influyen en la productividad de su trabajo, a partir de un instrumento diseñado para este estudio. Los resultados indican que todos los factores analizados deberían ser tenidos en cuenta para mejorar la productividad de los equipos de trabajo.

La normalización de los datos que se realizó con la finalidad de unificar la base y poder comparar los resultados, dado que cada factor tenía un número distinto de ítems, sugiere un orden de percepción favorable de los FSH consultados. Se destacan con un valor superior al 0,8 en dicha normalización los factores Comunicación, Liderazgo, Colaboración, Compromiso, Inteligencia emocional, Innovación y Motivación. Por consiguiente, esto permite priorizar los FSH en el diseño de estrategias de mejora respecto a la productividad y gestión del equipo.

Los resultados de este estudio pueden ser utilizados por las empresas de desarrollo de software para proponer iniciativas de mejora en la productividad de sus equipos de trabajo al promover los FSH estudiados. De igual modo, sirven de sustento para fundamentar transformaciones curriculares en el área de ingeniería de software y ciencias de la computación que aborden las habilidades blandas relacionadas con estos factores.

Como trabajo futuro, se proyecta el desarrollo de una propuesta de mejora apoyada en la gamificación, a través de la cual se promuevan soluciones orientadas hacia la integración de factores sociales y humanos que influyen en la productividad de equipos de desarrollo de software.

Referencias

Amrit, C., Daneva, M., & Damian, D. (2014). Human factors in software development: On its underlying theories and the value of learning from related disciplines. A guest editorial introduction to the special issue. *Information and Software Technology*, *56*(12), 1537–1542. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.07.006

Canedo, E. D., & Santos, G. A. (2019). Factors affecting software development productivity: An empirical study. *ACM International Conference Proceeding Series*, 307–316. https://doi.org/10.1145/3350768.3352491

Capretz, L. F. (2014). Bringing the human factor to software engineering. *IEEE Software*, *31*(2), 101–103. https://doi.org/10.1109/MS.2014.30

Capretz, L. F., & Ahmed, F. (2018). A Call to Promote Soft Skills in Software Engineering. *Psychology and Cognitive Sciences - Open Journal*, *4*(1), e1–e3. https://doi.org/10.17140/pcsoj-4-e011

Capretz, L. F., Ahmed, F., & da Silva, F. Q. B. (2017). Soft sides of software. *Information and Software Technology*, *92*(July), 92–94. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.07.011

Cunha De Oliveira, E. C. (2017). *Fatores de influência na produtividade dos desenvolvedores de organizaciones de software*. Universidade Federal Do Amazonas. Retrieved from https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6137/5/Tese_Edson C. C. Oliveira.pdf

de Barros Sampaio, S. C., Barros, E. A., De Aquino, G. S., Carlos E Silva, M. J., & De Lemos Meira, S. R. (2010). A review of productivity factors and strategies on software development. *Proceedings - 5th International Conference on Software Engineering Advances, ICSEA 2010*, 196–204. https://doi.org/10.1109/ICSEA.2010.37

Dutra, A. C. S., Prikladnicki, R., & França, C. (2015). What do we know about high performance teams in software engineering? Results from a systematic literature review. In *41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications*. https://doi.org/10.1109/SEAA.2015.24

Gómez, M. N., & Acuña, S. T. (2014). A replicated quasi-experimental study on the influence of personality and team climate in software development. *Empirical Software Engineering*, *19*(2), 343–377. https://doi.org/10.1007/s10664-013-9265-9

Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (1999). *Análisis Multivariante* (Quinta edi). Madrid: Pearson Prentice Hall.

Hernández López, A. (2014). *Medidas de productividad en los proyectos de desarrollo de software: una aproximación por puestos de trabajo*.

Hidayati, A., Budiardjo, E. K., & Purwandari, B. (2020). Hard and Soft Skills for Scrum Global Software Development Teams. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Software Engineering and Information Management* (pp. 110–114).

Kitchenham, B. A., & Pfleeger, S. L. (2008). Personal opinion surveys. *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*, 63–92. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-044-5_3

Li-na, L., & Zhong-wei, X. (2004). Human Factors Analysis in Software. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, *9*(1), 18–22.

Machuca-Villegas, L., & Gasca-Hurtado, G. P. (2019). Towards a Social and Human Factor Classification Related to Productivity in Software Development Teams. In J. Mejia, M. Muñoz, Á. Rocha, & J. A. Calvo-Manzano (Eds.), *Trends and Applications in Software Engineering*. *International Conference on Software Process Improvement (CIMPS 2019)* (pp. 36–50). Advances in Intelligent Systems and Computing.

Machuca-Villegas, L., Gasca-Hurtado, G. P., Restrepo Tamayo, L. M., & Morillo Puente, S. (2020). Social and Human Factor Classification of influence in Productivity in Software Development Teams. In M. Yilmaz, J. Niemann, P. Clarke, & R. Messnarz (Eds.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2020. Communications in Computer and Information Science* (pp. 717–729). Düsseldorf, Germany: Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-56441-4_54

Murphy-hill, E., Jaspan, C., Sadowski, C., Shepherd, D., Phillips, M., Winter, C., … Jorde, M. (2019). What Predicts Software Developers ' Productivity ? *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1–13.

Paiva, E., Barbosa, D., Jr, R. L., & Albuquerque, A. (2010). Factors that Influence the Productivity of Software Developers in a Developer View. *Innovations in Computing Sciences and Software Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9112-3

Pirzadeh, L. (2010). Human Factors in Software Development : A Systematic Literature Review. *Master of Science Thesis in Computer Science and Engineering*, 368.

Ruiz, M., & Salanitri, D. (2019). Understanding How and When Human Factors Are Used in the Software Process: A Text-Mining Based Literature Review. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *11915 LNCS*, 694–708. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35333-9_54

Shalabi, L. Al, Shaaban, Z., & Kasasbeh, B. (2006). Data Mining: A Preprocessing Engine. *Journal of Computer Science*, *2*(9), 735–739. https://doi.org/10.3844/jcssp.2006.735.739

Trendowicz, A., & Münch, J. (2009). Factors Influencing Software Development Productivity-State-of-the-Art and Industrial Experiences. *Advances in Computers*, *77*(October 2017), 185–241. https://doi.org/10.1016/S0065-2458(09)01206-6

Wagner, S., & Ruhe, M. (2008). A Systematic Review of Productivity Factors in Software Development. In *Proceedings of the 2nd International Software Productivity Analysis and Cost Estimation (SPACE 2008)* (pp. 1–6).

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking can Revolutionize your Business*. Philadelphia: Wharton Digital Press.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/09/2020
Aceitação/Acceptance: 08/11/2020

KeRa Puzzle: Jogo Digital Educacional para Apoio à Intervenção Fonoaudiológica

Kelly O. Figueiredo[1], Rafael R. M. Cardenuto[1], Cibelle A. H. Amato[2], Valéria F. Martins[1,2]

kellyortiz.figueiredo@gmail.com; rafael.rm.cardenuto@gmail.com; cibelle.amato@mackenzie.br; valeria.farinazzo@mackenzie.br

[1] Faculdade de computação e informática – Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) Caixa Postal – 01302.907 – São Paulo – SP – Brasil

[2] Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento – Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) Caixa Postal – 01302.907 – São Paulo – SP – Brasil

Pages: 503-515

Resumo: Entende-se por consciência fonológica a habilidade que as pessoas têm de lidar com a estrutura sonora da fala e trabalhar seus componentes estruturais. A criança adquire os sonos de maneira gradual, sendo bastante comum que as crianças façam trocas de sons na fala. Esse processo costuma desaparecer antes da alfabetização. Caso isso não ocorra, é percebido um transtorno fonológico e sessões de fonoaudiologia são utilizadas para minimizar tal transtorno. Este artigo apresenta um jogo digital, denominado Kera Puzzle, com o objetivo de ser utilizado de maneira complementar nestas sessões de fonoaudiologia. As fases do desenvolvimento do jogo são apresentadas neste artigo, assim como os resultados dos testes com fonoaudiólogas e crianças.

Palavras-chave: Transtorno fonológico; Jogos sérios; Jogos Educacionais; Consciência Fonológica; Intervenção Fonoaudilógica.

KeRa Puzzle: Educational Digital Game to Support Speech Therapy Intervention

Abstract: Phonological awareness is the ability that people have to deal with the sound structure of speech and work with its structural components. The child acquires sleep gradually, and it is quite common for children to exchange sounds in speech. This process usually disappears before literacy. If this does not occur, a phonological disorder is perceived, and speech therapy sessions are used to minimize such disorder. This article presents a digital game, called Kera Puzzle, with the objective of being used in a complementary way in these speech therapy sessions. The phases of game development are presented in this article, as well as the results of tests with speech therapists and children.

Keywords: Phonological disorder; Serious games; Educational Games; Phonological Awareness; Speech Therapy Intervention.

1. Introdução

Transtorno Fonológico é o nome utilizado para aquilo que pode ser considerado uma alteração fonêmica, ou seja, quando existem dificuldades na aquisição dos sons da fala considerados próprios da idade e, consequentemente, isso leva a desvios na fala de tais fonemas (Dias & Mezzono, 2016).

Para os especialistas na área de Fonoaudiologia, o transtorno fonológico é algo considerado normal para crianças entre quatro anos até seis anos incompletos enquanto aprendem a perceber os sons. Por isso é recomendado que os pais façam parte desse processo de ensino da percepção de sons enquanto seus filhos se desenvolvem. Os problemas mais comuns identificados por aqueles que são portadores do transtorno são (Wertzner, Pagan-Neves & Alves, 2012):

- Substituição e/ou apagamento de sons, indicando assim uma desorganização do sistema de sons.
- Fonemas ausentes no inventário fonético ou parcialmente adquiridos, assim levando ao desvio na fala.
- Comprometimento neurológico, fisiológico e/ou anatômico que impediram a produção correta da fala.

O ideal para a realização do tratamento desse transtorno deve ocorrer antes da alfabetização, pois como a criança que entende a pronúncia de modo incorreto poderá ter dificuldade na hora da escrita e da fala. O treino da consciência fonológica, ou seja, a capacidade de identificar, manipular, combinar e pronunciar sons é algo que deve ser desenvolvido de forma gradual, além de ser algo influenciado pelas características e experiências específicas de cada criança e, portanto, deve ser realizado com atenção (Zorzi, 2008).

É importante entender que o desenvolvimento da consciência fonológica possui etapas que devem ser compreendidas para se iniciar o aprendizado da criança, sendo elas: a capacidade de entender os níveis de segmentação das unidades da língua, ou seja, a separação de frases em palavras, palavras em sílabas e assim por diante; e também a consciência de que as mesmas sílabas podem aparecer em diferentes palavras porém, com diferentes sons (Wertzner, Pagan-Neves & Alves, 2012; Dias & Mezzono, 2016).

Este projeto tem como objetivo apresentar um jogo digital educacional que pode ser utilizado em sessões de Fonoaudiologia, de forma lúdica, de modo a complementar os métodos de intervenção utilizados por especialistas da Fonoaudiologia. O jogo foi testado em dois momentos diferentes. Primeiramente, foi testado com profissionais da área de Fonoaudiologia e, em seguida, testado com crianças, em sessões de Fonoaudiologia.

O artigo presente está organizado como segue. Na seção 2, Referencial Teórico, tra uma visão geral sobre transtorno fonológico. A seção 3, Trabalhos Relacionados, indica o papel dos jogos digitais no aprendizado e outros jogos que buscam auxiliar no tratamento fonológico. Na seção 4, é abordada a Metodologia de desenvolvimento do trabalho, em suas fases do ciclo de desenvolvimento de software. A seção 5 aborda as fases de desenvolvimento do jogo. Já na seção 6, estão os Resultados e Discussões de aplicação do jogo. Finalmente, na seção 7 encontram-se as conclusões.

2. Referencial Teórico

O processo de aquisição fonológica é gradativo e acontece com variações individuais. Embora ainda haja discussões, o domínio fonológico parece acontecer nas crianças em torno dos cinco anos. Durante essa aquisição, processos fonológicos (erros na aquisição) são comuns, mas costumam desaparecer com o passar do tempo, sendo específicos a cada faixa etária. Assim, quando esses processos não desaparecem ao longo do tempo, eles passam a ser inadequados para a idade, ao que são chamados de transtorno fonológico (TF), que leva à produção incorreta dos sons (Silva et al, 2018; Salgado & Capellini 2004). Os problemas mais comuns detectados em indivíduos portadores do TF são erros na produção, uso e organização dos fonemas como, tais como em substituições de um som por outro ou, em alguns casos, omissões de sons (Wertzner, Pagan-Neves & Alves, 2012).

De acordo com Dias e Mezzono (2016), o instrumento de avaliação CONFIAS (Consciência Fonológica: Instrumento de avaliação sequencial) é utilizado como forma de avaliação da consciência fonológica para crianças dentro da faixa etária entre quatro anos a seis anos incompletos. Esse instrumento tem como base a aplicação de atividades que envolvem o treinamento da capacidade reflexiva da criança sobre palavras selecionadas compostas por fonemas em diferentes partes silábicas. Durante a realização dessas atividades, os moldes do tipo consoante-vogal e consoante-vogal-consoante são utilizados como forma de incentivar o aprendizado da criança sobre as letras em diferentes contextos linguísticos e a reprodução sonora das palavras para fixação no inventário fonético.

Além do CONFIAS, existem outras propostas de avaliação e intervenções terapêuticas para correção do transtorno fonológico, sendo muitas delas baseadas no uso de Pares Mínimos. Para o entendimento dos sons, foi utilizado o método dos pares mínimos; para se verificar o valor contrastivo de um segmento, foi utilizado o princípio da comutação, que consiste na comparação entre pares mínimos, isto é, duas palavras da língua que diferem em seu significado apenas por um segmento (Donicht, Miranda & Cunha, 2019).

A título de exemplificação, de acordo com Freitas e Alves (2016), é possível dizer que há um par mínimo quando duas sequências fônicas se distinguem por um único fonema, por exemplo, “tom” e “dom”, aqui há uma diferença mínima caracterizada pela sonoridade, enquanto /t/ é classificado como segmento consonantal oclusivo (consoante produzida com o encontro da parte posterior da língua com o palato mole ou véu palatino), alveolar (consoante cujo som é articulado no encontro da ponta da língua com os alvéolos dentários), desvozeado; o segmento /d/ é classificado como oclusivo, alveolar, vozeado. O contraste é considerado em ambiente idêntico, pois a diferença se encontra através de um único som, no mesmo lugar, nas duas sequências sonoras, o exemplo citado deixa clara a distinção dos fonemas /t/ e /d/.

Existem vários motivos para a substituição dos fonemas; serão tratados apenas dois que são as substituições envolvendo a grafia de fonemas surdos e sonoros. Alguns pares de fonemas apresentam como característica o fato de se diferenciar pelo traço de sonoridade, isto é, alguns deles são surdos e outros são sonoros. Os fonemas /p/, /t/, /k/, /f/, /s/, são considerados surdos uma vez que não apresentam vibração das pregas vocais quando produzidos. Por sua vez, os fonemas /b/, /d/, /v/, /z/, são realizados com vibração das pregas vocais, sendo considerados, portanto, como fonemas sonoros.

O traço de sonoridade corresponde a uma distinção importante entre os pares destes conjuntos de fonemas: /p/ x /b/; /t/ x /d/; /f/ x /v/; /s/ x /z/ (Zorzi, 2019).

Conforme os pares mínimos estudados, com base nas substituições surdas/sonoras, foram analisados pares mínimos e utilizados alguns para o jogo digital em questão. Esta seleção foi fundamentada com fonemas que crianças com a faixa etária de quatro anos até seis anos incompletos pudessem reconhecer através de históricos anteriores, no contexto escolar ou de casa. A Tabela 1 é um subconjunto da lista de pares mínimos apresentada por (Savoldi, Ceron & Soares, 2013).

Bala – Bola	Pilha - Pinha	Bola - Cola	Careta – Caneta	Vela – Velha	Vela – Sela
Torta – Porta	Faca - Fada	Faca - Vaca	Pato – Gato	Soco – Suco	Selo – Gelo

Tabela 1 – Lista de Pares Mínimos Adotada

3. Trabalhos Relacionados

A utilização de recursos visuais para representar o objeto de aprendizagem é um recurso eficiente no aprendizado da alfabetização, pois acaba envolvendo o aprendiz em um ambiente de estudo agradável, além de garantir sua atenção mais facilmente. Na literatura, foram encontrados alguns exemplos de jogos que buscam auxiliar na intervenção de transtorno fonológico como, por exemplo, o jogo FonoSpeak (Wertzner, Pagan-Neves & Alves, 2012). Esse jogo faz utilização de pares mínimos e a criança deve reproduzir os fonemas corretos de acordo com a palavra presente em uma placa escolhida pelo fonoaudiólogo. Como extensão dessa atividade, a criança pode ser solicitada a produzir uma frase que possua a aplicação correta da palavra escolhida.

O jogo apresentado por Formenton (2017) foi criado com o intuito de auxiliar no tratamento de crianças na faixa de três a cinco anos de idade que possuam o problema da gagueira funcional temporária; apresenta elementos visuais e um estilo de jogo motivador para garantir o foco e aprendizado de seu público alvo. O objetivo, neste caso, era de criar uma comunicação com as crianças através de uma história contada em conjunto com a seleção de objetos e figuras à medida que ela avançava no jogo. Isso contribui para aumentar o vocabulário da criança, sua forma de raciocínio e criatividade. Além disso, com a utilização de áudios e elementos fonéticos, se tornou possível promover um auxílio no desenvolvimento da fala e uma melhor formação neurológica para as crianças que participaram dos testes com o jogo.

Outro jogo desenvolvido para que crianças possam adquitir a compreensão da pronúncia de certas palavras é o Tellfunny ou “fala divertida” (Luz & Nunes, 2019). Esse aplicativo foi desenvolvido para sistemas Android e IOS e separa o jogo em dois módulos, sendo um focado no aprendizado da pronúncia de palavras e outro destinado a exercícios da fala baseados nos fonemas aprendidos.

Existe ainda o aplicativo Disvoice, criado para dispositivos móveis que possuem o sistema operacional Android. O jogo tem como público alvo crianças de quatro a 10 anos de idade e busca estimular através de repetições, a pronúncia correta de palavras de diferentes grupos fonéticos. Além disso, o jogo faz uso da percepção auditiva dos usuários para que

eles possam corrigir problemas de pronúncia como a omissão e substituição de fonemas, sílabas e frases (Santos, 2013).

4. Metodologia do Projeto

Este projeto teve duração de aproximadamente um ano e meio e envolveu um aluno de graduação em Ciência da Computação e outro aluno de graduação em Sistemas de Informação, além de uma pesquisadora na área de Fonoaudiologia e outra pesquisadora na área de Computação, ambas pesquisadoras do Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento. A pesquisa ocorreu entre os meses de fevereiro de 2019 e junho de 2020. A fim de alcançar os objetivos deste projeto, foi necessário realizar os seguintes passos:

- Revisão da literatura sobre os temas envolvidos (transtorno fonológico, pares mínimos e intervenção de transtorno fonológico).
- Reuniões frequentes com especialista da área de Fonoaudiologia e de Computação.
- Submissão e aprovação do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa, sob o número CAAE: 29385520.2.0000.0084.
- Realização de pesquisa com os profissionais de fonoaudiologia para saber em qual equipamento eletrônico é melhor para ser desenvolvido.
- Implementação do jogo digital educacional Kera Puzzle, utilizando a ferramenta Unity.
- Aplicação e testes do jogo com profissionais da área de Fonoaudiologia, para assim validar se a ferramenta atingiu os requisitos necessários para ser utilizado como ferramenta complementar durante sessões com crianças portadoras do transtorno.
- Aplicação e testes do jogo com crianças, na faixa etária estipulada.
- Análise dos resultados/*feedback* do questionário pós-teste.

5. Desenvolvimento do Jogo

O KeRa Puzzle tem por intuito ser utilizado como uma ferramenta auxiliar por profissionais da área de Fonoaudiologia na intervenção de crianças portadoras do transtorno fonológico. Servindo como ferramenta adicional de carácter lúdico, teve por objetivo garantir não somente o foco de crianças durante atividades de treinamento da consciência fonológica, mas também tornar esse momento de aprendizado mais divertido.

Este jogo foi desenvolvido seguindo uma abordagem de desenvolvimento iterativo de sistemas de software, combinando características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up*, a fim de que sejam geradas versões (ou protótipos) que são sucessivamente refinados, até se atingir uma versão de implementação que cumpra com os requisitos inicialmente identificados (Sommerville, 2011). Neste tipo de abordagem, o sucesso do projeto depende que os projetistas saibam quem são seus usuários, que a equipe atue em conjunto e que as várias versões sejam criadas rapidamente e testadas. A seguir são apresentadas as fases do desenvolvimento do jogo.

5.1. Análise de Requisitos

A elicitação dos requisitos se deu através de diversas reuniões com a especialista em Fonoaudiologia, juntamente com a equipe de desenvolvimento e a especialista em Computação. Assim, foi possível estabelecer os seguintes requisitos:

- Requisitos Funcionais.
  - Montar o quebra-cabeça - Carregar cena, permitir ao usuário arrastar as peças.
  - Escolher figura correspondente - validar seleção.
  - Emitir som da palavra referente à figura, depois que montar o quebra-cabeça.
  - Mostrar as duas figuras referentes ao par mínimo e emitir som perguntando qual figura representa o que foi dito no áudio.
  - Mostrar as duas figuras – O sistema escolhe aleatoriamente um áudio a ser interpretado pelo usuário.
- Requisitos Não-Funcionais. O jogo deveria ser intuitivo, lúdico, fácil de instalar e utilizar, monousuário e estar disponível 24x7.
- Restrições. Para a instalação, o computador deverá atender aos seguintes requisitos mínimos de configuração:
  - Sistema operacional - Windows 7 ou superior, ou macOS 10.12 ou superior;
  - O computador deverá ter saída de áudio/som;
  - O computador deverá ter 26.2 mb disponível de armazenamento disponível para que seja possível baixar o KeRa Puzzle.

5.2. Projeto

O jogo KeRa Puzzle foi projetado para ser executado em dispositivos *desktop/notebooks* com sistema operacional Windows e MacOS. A linguagem de programação utilizada foi C# for Unity em conjunto com os pacotes de elementos da interface dos usuários, disponibilizado pelo Unity Engine. A seguir são destacados algumas partes fundamentais do projeto:

- **Criação dos cenários e figuras**. Para desenvolver um ambiente que fosse motivador e convidativo para crianças na faixa etária específica, foi necessário criar imagens com uma grande variedade de cores e que chamassem a atenção do público-alvo. Algumas figuras foram retiradas do site flaticon (https://www.flaticon.com/) e algumas foram desenhadas por uma das autoras deste artigo. Todas as telas foram desenhadas no Adobe XD.
- **Criação dos áudios**. Os áudios responsáveis por detalhar a diferença entre palavras de um mesmo par mínimo foram gravados. No caso, foi decidido que os fonemas deveriam ser expressos, em sílabas para que fosse mais simples identificar os sons diferentes. A voz utilizada foi gravada no aplicativo Lexis Audio

(https://www.lexisaudioeditor.com/), que pode ser encontrado no Android e IOS. A frequência da voz de uma das autoras foi modificada, deixando-a mais infantil e amistosa para as crianças.

- **Criação da jogabilidade**. Sobre a jogabilidade em si, foi necessário pensar em uma forma de integrar os pares mínimos de um modo divertido. A escolha foi de separar as figuras criadas em partes e propor sua montagem como um quebra-cabeça. Durante a montagem, o usuário seria capaz de perceber que a maneira de pensar para completar o quebra-cabeça é diferente para figuras distintas, mesmo que seus fonemas sejam parecidos. A atividade cujo foco era ouvir os fonemas iria deixar mais evidente a diferença entre as palavras do par mínimo.

5.3. Implementação

Para interagir com o jogo, a criança deve fazer uso somente do mouse, visto que o jogo foi completamente desenvolvido com o intuito de ter controles de fácil utilização, assim seguindo os estilos de jogabilidade *Point-and-Click* e *Drag-and-Drop*.

Ao iniciar, é apresentada ao usuário a tela de menu inicial (Figura 1). O *design* do menu foi criado buscando não somente ser visualmente simples de entender, mas, também, buscando expressar uma das atividades a serem realizadas pelo usuário: a montagem de quebra-cabeças para cada uma das palavras dos pares mínimos.



Figura 1 – Menu Principal

Ao acessar a tela de tutorial, conforme mostrada na Figura 2, é apresentada uma sequência de figuras indicando como executar cada atividade. Tais imagens facilitam o entendimento, visto que crianças da faixa etária especificada não possuem ainda habilidade de leitura desenvolvida.

O jogo é dividido em três atividades que devem ser realizadas em sequência, envolvendo a lista de pares mínimos selecionados, sendo elas:

a. Montagem de um quebra-cabeça para ambas as palavras do par mínimo para que possam compreender a diferença visual entre as duas enquanto realiza um passatempo divertido (Figuras 3a e 3b).

b. Escutar o áudio correspondente a cada uma das figuras montadas na etapa anterior, sendo que, cada palavra é expressa vocalmente de três formas diferentes para fixar a diferença entre os dois fonemas e auxiliar na articulação (Figuras 4a e 4b). O áudio menciona como a palavra é soletrada, depois é apresentada sua separação silábica e pôr fim a palavra completa.

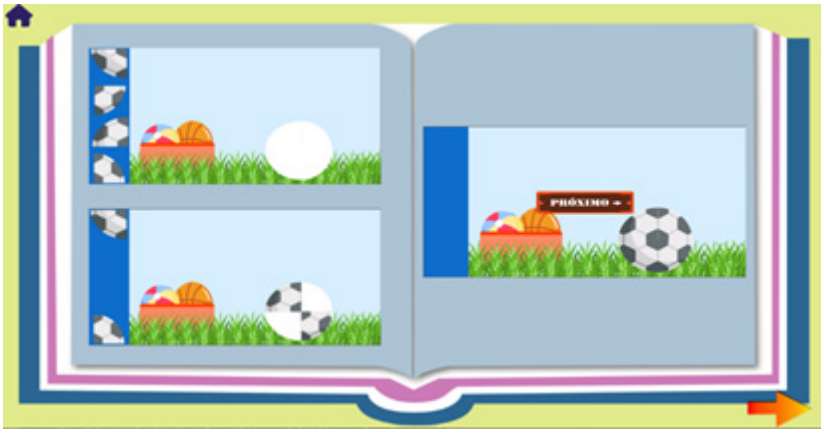


Figura 2 – Tela do Tutorial



Figura 3a – Montagem do quebra-cabeça Fada

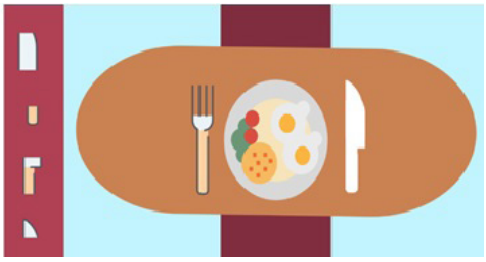


Figura 3b – Montagem do quebra-cabeça Faca

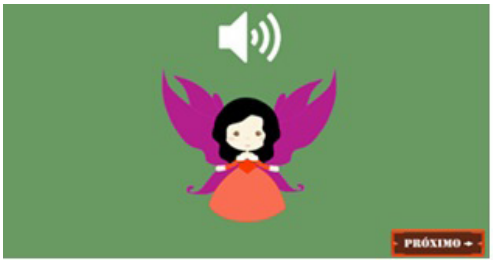


Figura 4a – Escutando os fonemas Fada



Figura 4b – Escutando os fonemas Faca

c. Como forma de verificar o aprendizado da criança, a última atividade envolve escutar um áudio escolhido aleatoriamente entre as duas palavras

do par mínimo durante o carregamento da cena (Figura 5). A criança é, então, requisitada a escolher a figura correta que representa o fonema sendo apresentado; caso a criança selecione a figura correta além de uma mensagem e um áudio de parabenização, um novo botão para seguir para o próximo par mínimo deverá aparecer (Figura 6a); caso contrário, a tela de escolha incorreta deve aparecer, permitindo ao usuário ouvir o áudio do fonema e escolher novamente (Figura 6b).

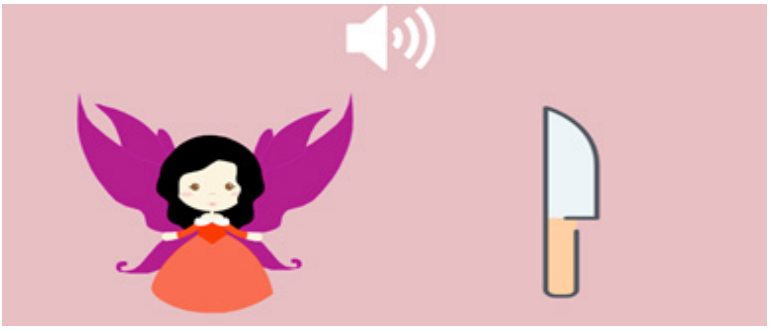


Figura 5 – Escolha o fonema correto. Exemplo para Fada e Faca

A criança poderá tentar selecionar a figura correta quantas vezes for necessário até que ocorra a compreensão do fonema da palavra selecionada pelo jogo. Para garantir uma jogabilidade distinta, o jogo seleciona aleatoriamente uma das figuras a cada vez que a cena dos pares mínimos é carregada, assim não existe garantia de que a figura não selecionada pelo jogador anteriormente será a correta, se torna necessário ouvir o áudio novamente.



Figura 6a – Tela da escolha correta



Figura 6b – Tela da escolha incorreta

6. Resultados e Discussões

A metodologia empregada para avaliação do jogo foi composta por duas partes: avaliação com fonoaudiólogos e avaliação com crianças. A metodologia para realização dos testes com fonoaudiólogas foi composta de duas etapas: um questionário pré-teste e um questionário de usabilidade e utilidade. O questionário pré-teste teve como foco, descobrir o quão comum é a utilização de jogos educacionais sendo eles, tanto

físicos quanto digitais e que tipos de dispositivos tecnológicos são mais utilizados em sessões de Fonoaudiologia. Em relação à avaliação de usabilidade e utilidade, o objetivo principal foi de verificar se o jogo desenvolvido seria capaz de auxiliar durante sessões de Fonoaudiologia para a consciência fonológica, assim como aspectos de usabilidade.

Já a metodologia de avaliação do jogo por crianças foi realizada por fonoaudiólogas com crianças durante uma sessão de fonoaudiologia. Devido à pandemia do COVID-19, estas sessões aconteceram de forma remota envolvendo, assim, os pais das crianças também. Depois de utilizar os jogos, as crianças responderam a um questionário de satisfação, adaptada à sua faixa etária.

6.1. Avaliação com fonoaudiólogas

O questionário de pré-teste foi respondido por um total de 18 participantes, sendo eles membros de grupos da área de Fonoaudiologia presentes na rede social Facebook. As respostas foram registradas durante os dias 18 e 19 de abril de 2020 e foram sumarizadas na Tabela 2.

Analisando as respostas da Tabela 2, percebe-se que há uma tendência no uso de jogos digitais nas sessões de Fonoaudiologia, especificamente no uso de sessões de consciência fonológica.

Em relação ao jogo, após sugestões de melhorias feitas por uma fonoaudióloga, ajustes foram realizados. Então, outras fonoaudiólogas foram convidadas a utilizar o jogo e darem suas opiniões sobre a interface do usuário, design, efeitos visuais e sonoros quanto para validação de seu caráter lúdico, motivador e funcional em seu uso em sessões de Fonoaudiologia. Assim, foi disponibilizado um questionário no Google Forms, contendo 10 questões de múltipla escolha, utilizando a escala Likert de 5 pontos, e uma questão aberta.

Questões					
Você utiliza algum equipamento eletrônico com o paciente nas sessões durante o tratamento? (sim/não)				Sim 100%	Não -
Qual equipamento eletrônico você utiliza?	Computador de Mesa 25%	Notebook 68,8%	Tablet 62,5%	Smartphone 56,3%	Laser 6,3%
Você atende qual tipo de grupo de paciente?	Crianças 100%	Adolescentes 56,3%	Adultos 62,5%	Idosos 6,3%	
Utiliza algum tipo de jogo auxiliar para tratamento? (sim/não)				Sim 93.8%	Não 6,2%
Você utiliza algum jogo auxiliar para pacientes com transtorno fonológico? (sim/não)				Sim 88,9%	Não 11,1%
Esse jogo é:			Físico 21,4%	Digital 64,3%	Ambos 14,3%
Você aplicaria um jogo virtual para esse tipo transtorno?				Sim 100%	Não -

Tabela 2 – Questionário de Pré-Teste – Público Profissional

Esse questionário foi respondido por um total de 15 pessoas, entre os dias 04 a 08 de junho de 2020, sendo grande parte das fonoaudiólogas respondentes residentes do estado de São Paulo e Rio de Janeiro. Os dados coletados foram sumarizados na Tabela 3. Após a análise dos dados, pode-se perceber que o jogo, de maneira geral, foi bem avaliado pelas fonoaudiólogas.

Questão	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
O jogo é motivador para crianças entre a faixa etária de 04 anos a 06 anos incompletos?	-	6,7%	6,7%	66,7%	20%
O design está adequado? (Cores, Figuras, Textos, Botões e Mensagens)	-		6,7%	60%	33,3%
O áudio de identificação das figuras está adequado para o tratamento?	-	6,7%	13,3%	26,7%	53,3%
O áudio de escolha das figuras está adequado para o tratamento?	-	6,7%		53,3%	40%
O áudio de parabenização, tente novamente e finalização do jogo está adequado?	-		13,3%	40%	46,7%
É possível compreender como funciona a jogabilidade seguindo a demonstração dos vídeos na tela de tutorial?	-			40%	60%
O jogo é fácil para uma criança entre 4 anos a 6 anos incompletos?	-	20%	20%	53,3%	6,7%
O jogo é intuitivo?	-			46,7%	53,3%
O jogo é lúdico?	-		20%	46,7%	33,3%
Você acredita que o jogo poderia ser utilizado para o auxílio no tratamento ou diagnóstico de crianças (4 anos a 6 anos incompletos) com transtorno?	-		6,7%	60%	33,3%

Tabela 3 – Questionário de Usabilidade e Utilidade – Público Profissional

6.2. Avaliação com crianças

Participaram da avaliação 10 crianças com faixa etária entre quatro e seis anos incompletos. Depois de utilizar o jogo por 20 minutos, em média, as crianças foram convidadas a opinar sobre o jogo, com o uso de um questionário com 10 questões de

múltipla escolha (escala Likert de 3 pontos) e duas questões abertas. Os resultados do questionário são apresentados na Tabela 4 e no texto a seguir.

Questão	Concorda	Neutro	Discorda
Você gostou do joguinho?	100%	-	-
Você achou o joguinho divertido?	90%	10%	-
Você achou o joguinho fácil de entender?	80%	20%	-
Gostou das figuras do joguinho?	100%	-	-
Você conhece os cenários e as figuras?	60%	30%	10%
Você gostou da voz? (Exemplo de cenário)	90%	10%	-
Você gostou do som de parabéns?	90%	-	10%
Você gostou do som do tente novamente?	80%	-	20%
Você gostou do som do fim?	80%	10%	10%
Você gostaria de jogar de novo este joguinho?	100%	-	-

Tabela 4 – Questionário de Satisfação – Público Infantil

Além das questões de múltipla escolha, as crianças foram perguntas sobre o que mais gostaram do jogo, entre as respostas estão: “Tudo”, “De jogar sozinho”, “Das cores”, “De poder tentar de novo”. Já em relação ao que elas menos gostaram estão: “Nada”, “De errar”, “Da fada”, “O jogo não é meu”. Percebe-se, pelas respostas das crianças, que o jogo teve uma avaliação bastante positiva em relação à satisfação no seu uso e em relação aos seus elementos visuais e sonoros.

7. Conclusões

Este artigo apresentou um jogo, denominado Kera Puzzle, para o auxílio de intervenções na consciência fonológica, de crianças entre quatro e seis anos incompletos. Todas as fases do ciclo de desenvolvimento do jogo foram apresentadas, assim como os testes realizados com fonoaudiólogas e com crianças pertencentes ao público-alvo, durante uma sessão de fonoaudiologia. Ambos os testes confirmaram que o jogo possui boa usabilidade, além de poder ser um recurso interessante para tornar as sessões de fonoaudiologia mais lúdicas.

Especialmente, o desenvolvimento de softwares e jogos na área de Saúde e Educação devem levar em consideração o público-alvo, além de envolver especialistas na área em questão em todo o processo do ciclo de vida. Como trabalhos futuros, pode-se pensar em utilizar mais palavras do conjunto de pares mínimos, assim como níveis de dificuldades crescentes. Adicionalmente busca-se fazer uso de alguma forma de armazenamento de dados para que informações pertinentes como, por exemplo: informações sobre a quantidade de pares mínimos interpretados ou fonemas com maior quantidade de erros cometidos durante o jogo possam ser salvas e utilizadas por fonoaudiólogos em

seu tratamento com crianças portadoras do transtorno fonológico, além de adicionar novos tipos de jogos como, por exemplo, um jogo da memória.

Referências

Dias, R. F., & Mezzomo, C. L. (2016). Terapia fonoaudiológica para os desvios fonológicos com base na estimulação de habilidades em consciência fonológica. *Distúrbios da Comunicação*, *28*(1).

Donicht, G., Miranda, A. R. M., & Cunha, A. P. N. D. (2019). Estudos sobre aquisição da linguagem escrita.

Formenton, M. H. (2017, October). Jogo Educacional para Auxiliar no Tratamento, Prevenção e Redução de Disfluências da Fala Ocasionadas pela Gagueira Funcional Temporária. In *II Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica-EnICT (ISSN: 2526-6772)*.

Freitas, A. M. A., & Alves, G. C. (2016). Consciência fonológica: a utilização de jogo digital como estratégia para o ensino de Língua Portuguesa. *Letras & Letras*, *32*(2), 83-108.

Luz, A. I., & Nunes, S. (2019, December). Tellfunny: auxiliando crianças na pronúncia e aprendizado das palavras através de um jogo. In *Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe* (pp. 89-94). SBC.

Salgado, C., & Capellini, S. A. (2004). Desempenho em leitura e escrita de escolares com transtorno fonológico. *Psicologia escolar e educacional*, *8*(2), 179-188.

Santos, M. C. D. S. (2013). DISVOICE: Aplicativo de apoio à Fonoaudiologia para dispositivos móveis.

Savoldi, A., Ceron, M. I., & Soares, M. K. (2013). Quais são as melhores palavras para compor um instrumento de avaliação fonológica?. *Audiology-Communication Research*, *18*(3), 194-202.

Silva, R. R. A., Balbino, E. M. S., Souza, T. N. U., & Costa, R. C. C. (2018). Processamento fonológico: comparação entre crianças com e sem transtorno fonológico. *Distúrbios da Comunicação*, *30*(4), 637-646.

Sommerville, I. (2011). Software engineering 9th Edition. *ISBN-10*, *137035152*, 18.

Wertzner, H. F., Pagan-Neves, L. O., Alves, R. R., & Pró-Fono. (2012). Planos Terapêuticos Fonoaudiológico para crianças que apresentam dificuldades em produzir e manter o vozeamento de sons. *Pró-Fono. Planos Terapêuticos Fonoaudiológicos. Pró-Fono, Barueri*, 9-17.

Zorzi, J. L. (2008). As trocas surdas sonoras no contexto das alterações ortográficas. *Soletras*, (15).

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/10/2020
Aceitação/Acceptance: 27/12/2020

Análisis Multitemporal Mediante Árboles de Decisión de un Derrame de Crudo y su Impacto Ambiental en la Zona de Cubará Boyaca - Colombia

Walter Andres Cortes Buitrago[1], Javier Medina[2]

wacortesb@correo.udistrital.edu.co; rmedina@udistrital.edu.co

[1-2] Proyecto Curricular Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia.

Pages: 516-527

Resumen: En este artículo se presenta la implementación de una metodología para detectar y cuantificar los daños ambientales causados por las geo-amenazas y afectaciones de terceros en la integridad de los ductos que generan derrames de crudo afectando la cuenca del río Arauca del municipio de Cubará en el departamento de Boyacá en Colombia. De tal manera que se generan mapas temáticos mediante la clasificación supervisada de imágenes satelitales, a través, del algoritmo de árboles de decisión y el análisis multi-temporal. La teledetección, ofrece oportunidades en el manejo de los incidentes ambientales y con la metodología propuesta en este artículo que parte de la adquisición de las imágenes: antes de un evento de derrame y posterior a la materialización del incidente, plantea una alternativa de gestión por parte del sector público y privado para actuar de forma más expedita ante estas situaciones que afectan al medio ambiente.

Palabras-clave: Imágenes; Arboles de decisión; Clasificación; Algoritmo; Derrames.

Multi-temporary analysis through decision trees of an crude spill and its environmental impact in the Cubará Boyacá - Colombia area.

Abstract: This article presents the implementation of a methodology based on supervised classification of satellite images, through the algorithm of decision trees and multitemporal analysis, to quantify the environmental damage caused by geotechnical and third-party threats to the integrity of the ducts. Having said the above, the objective will be to detect and quantify the effects on water bodies from oil spills in the Arauca river basin of the Cubará municipality in the Boyacá department. Remote sensing offers opportunities in the management of environmental incidents and with the methodology proposed in this article that starts from the acquisition of images: before a spill event and after the occurrence of the incident, it proposes an alternative management by of the public and private sector to act more expeditiously in these situations that affect the environment.

Keywords: Images; Decision trees; Classification; Algorithm; Spills.

1. Introducción

El presente artículo expone la metodología de implementación de una alternativa de análisis, monitoreo y evaluación de eventos de derrame de crudo en el medio ambiente, mediante el procesamiento digital de imágenes; específicamente en la zona de Cubará en el departamento de Boyacá - Colombia. No obstante, esta, podría extrapolarse y aplicarse en otras zonas de Colombia. De hecho, con la aplicación de tecnologías de teledetección basadas en fuentes de información abiertas y propietario, como lo son las imágenes Landsat 8 OLI-TIRS del servicio geológico de Estados Unidos y el software ERDAS (Tejada, 2015), se implementó una metodología con la cual las autoridades ambientales, nacionales, locales y las compañías petroleras podrían usar para evaluar y actuar cuando se materialicen eventos de este tipo. En adición a lo anterior, la importancia con enfoque global que tiene la disciplina de la teledetección en diversos campos medio ambientales y sociales es significativa. (Chuvieco, 2008).

En efecto, en Colombia, la Empresa Estatal Colombiana de Petróleos ECOPETROL y sus filiales han sido atacadas en 2745 oportunidades ocasionado el derrame de unos aproximadamente 3.7 millones de barriles al medio ambiente, más 28.047 barriles causado por las operaciones propias de las compañías. Dichos impactos, rondan desde afectaciones a los acuíferos: como el ocurrido en febrero de 1988, donde el impacto alcanzó a llegar al lado de Maracaibo en Venezuela, catalogado como la catástrofe ambiental más grande la historia ocurrida en aguas continentales; bocatomas y sistemas de acueducto: que en junio del 2015, dejó 160.000 habitantes de Tumaco en Nariño sin agua potable; daño en la flora y fauna de las zonas endémicas: como el ocurrido en julio de 1992, donde la emergencia por derrame de crudo ocasionó incalculables pérdidas ambientales y sociales; afectación en poblaciones y asentamientos humanos: como la tragedia ocurrida en Dosquebradas Risaralda, en febrero de 2012 que dejó un saldo de 31 decesos y 70 heridos. (Pardo, 2019)

Por esta razón, tomando como base estudios aplicados a otros sectores, el actual trabajo se realizó bajo el criterio de multi-temporalidad y la clasificación supervisada de imágenes basada en reglas o árboles de decisión usando el software ERDAS y su herramienta Knowledge-based. Dichas reglas, estuvieron definidas dentro de las siguientes categorías: vegetación sana; cuerpos de agua; limos, arcillas y arenas; y pastizales. Estas reglas, permitieron establecer las coberturas base, obtenidas de la clasificación de una imagen de la zona de estudio del año 2019 en el mes julio para cotejar el cambio de cobertura de la misma zona en el mismo año mes de agosto, rango en el cual ocurrió un atentado en contra del Oleoducto Caño Limón Coveñas que generó un derrame de crudo que afectó la cuenca del río Arauca. (Tejada, 2015).

2. Conceptos

A continuación, se presentan la definiciones y técnicas utilizadas en el presente artículo para desarrollar la metodología propuesta.

2.1. Clasificación supervisada de imágenes mediante árboles de decisión.

Los árboles de decisión es uno de los algoritmos de aprendizaje inductivo que genera un árbol de clasificación utilizando datos o muestras de entrenamiento. Pertenece a la

categoría no paramétrica y por lo tanto es independiente de la distribución de los datos. La técnica de árboles de decisión sigue una estructura jerárquica en la que cada nivel de una prueba es aplicado a uno o más valores de atributos. El mayor inconveniente de la técnica anterior es su inestabilidad cuando el espacio y las áreas de entrenamiento han cambiado. (Landgrebe, 1991).

Específicamente, la herramienta utilizada es "Knowledge Enginer" del software ERDAS, la cual permite realizar la clasificación mediante toma de decisiones, a través de tres elementos: Hipótesis, reglas y variables. Las variables son la información de entrada del modelo, con base en estas, se define las reglas que permitirán establecer el conjunto de decisiones que se unen en una secuencia de lógica, para entregar como salida las hipótesis que son el resultado final de las decisiones que se vayan definiendo a lo largo del proceso. (Freire, 2011).

- Se definen n variables: A, B, C, D, E, F que corresponden a los datos de entrenamiento,
- La regla, R, puede tomar diferentes variables para conducir finalmente al planteamiento de la hipótesis. Ver figura 1

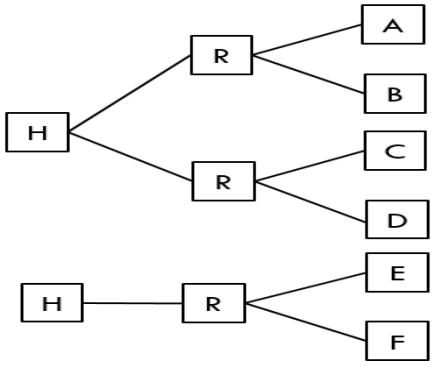


Figura 1 – Árboles de decisión. Fuente (Landgrebe, 1991)

2.2. Integridad de ductos.

Las tuberías son el principal medio de transporte de hidrocarburos, tanto de productos derivados del crudo como: aceites blancos, gas propano, butano, gas natural, gasolina y diésel, así como crudo en especificación y combustibles negros. (Rosenberg, 1990).

Dichos sistemas de transporte de hidrocarburos están expuestas a geo-amenazas como avalanchas, movimiento del terreno y deslizamientos de tierra entre otras, (Pinzon, 2012), por esta razón, los ductos deben contar con mecanismos para la protección integral del mismo. Por otro lado, el sistema de transporte de hidrocarburos es complejo y debe satisfacer una gran cantidad de requerimientos técnicos para su óptimo funcionamiento, además, son susceptibles de afectaciones y por ello, deben establecerse procesos que sirvan para reducir la probabilidad de falla, mitigando los efectos que puedan producirse, (Chowdhury, 2016), sin embargo, no es fácil determinar

los desplazamientos del terreno que se traducen en esfuerzos sobre la tubería, dado que los dispositivos habituales de recolección de datos se desplazan por dentro de la tubería y esto limita el envío de información de forma continua a un sistema de información geográfica de geo-posicionamiento satelital. (ASME, 2010)

2.3. Densidad de afectación por terceros en sistemas de transporte.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, el presente trabajo se desarrolló en el tramo del Oleoducto Caño Limón Coveñas – tramo Caño Limón Banadía, el cual, según (Paz, 2015), segmento en el cual se registran mayores afectaciones por las acciones de terceros en contra de la infraestructura de transporte de crudo. Ver figura 2.

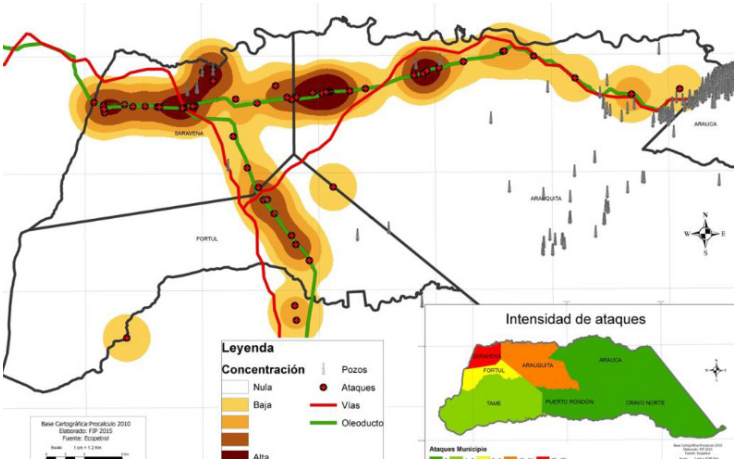


Figura 2 – Concentración de acciones de terceros en contra de la infraestructura. Fuente: FIP.

3. Materiales y métodos.

En esta sección se describen los insumos y las metodologías utilizadas para el desarrollo del presente artículo, como: la definición de la zona de estudio, adquisición de las imágenes y obtención de las muestras de entrenamiento.

3.1. Delimitación de la zona de estudio.

La zona de estudio está ubicada en la zona extrema nororiental de Colombia, en el piedemonte llanero. Ubicado en las siguientes coordenadas: latitud norte 07º 02' 28" longitud oeste 72º 03' 39", en la frontera natural del río Arauca, límite con la República de Venezuela, sobre las estribaciones de la cordillera oriental, tiene una superficie de 1.650 Km2, su temperatura promedio anual es de 26ºC, con precipitaciones medias anuales de 2920 mm y a una altura de 420 m.s.n.m. Ver figura 3.

La anterior zona de estudio fue seleccionada debido a la ubicación geográfica en la cual se ubica el río Arauca hasta la desembocadura del río Bojabá, un tramo del sistema

de transporte de crudo Caño Limón Coveñas y donde a lo largo de los años se han presentado diferentes derrames de crudo que han afectado el entorno (Pardo, 2019). En el caso del presente estudio, el evento ocurrió entre los días 11 y 12 de julio del 2019 y afecto sectores comprendidos entre los Municipios de Cubará y Toledo, dicho derrame afectó las quebradas La Petra y los ríos Margua y Arauca. (Useda, 2018). Ver figura 4.



Figura 3 – Ubicación del Municipio de Cubará, departamento de Boyacá.
Fuente: Información cartográfica IGAC Colombia.

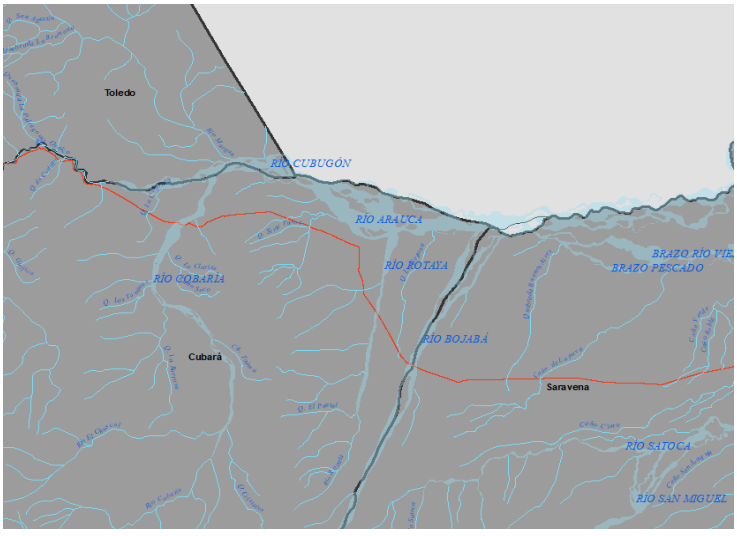


Figura 4 – Zona de afectación por daño en la infraestructura.
Fuente: Información cartográfica IGAC Colombia.

3.2. Adquisición de las imágenes y definición de las muestras de entrenamiento

Una vez definida la zona de estudio, se procedió con la adquisición de las imágenes en diferentes momentos para realizar el análisis multi-temporal, a través del USGS de EE. UU, ver Figura 5 y Figura 6, y la definición del algoritmo de clasificación supervisada, con el objetivo de realizar el análisis estadístico de las imágenes para encontrar la combinación óptima en la cual se identifica mayor riqueza multi-espectral, denominado OIF: el cual es un valor estadístico que se utiliza para escoger la combinación óptima de tres bandas en una imagen satelital, mediante las formulas : (1) y (2) (Menco, 2017)

$$c_3^7 = \binom{7}{3} \frac{7!}{(7-3)} \quad \text{Cálculo de combinaciones posibles OIF} \tag{1}$$

$$OIF = \left| \frac{\Sigma B1B2B3}{\Sigma \rho 1 \rho 2 \rho 3} \right| \quad \text{Cálculo OIF} \tag{1}$$

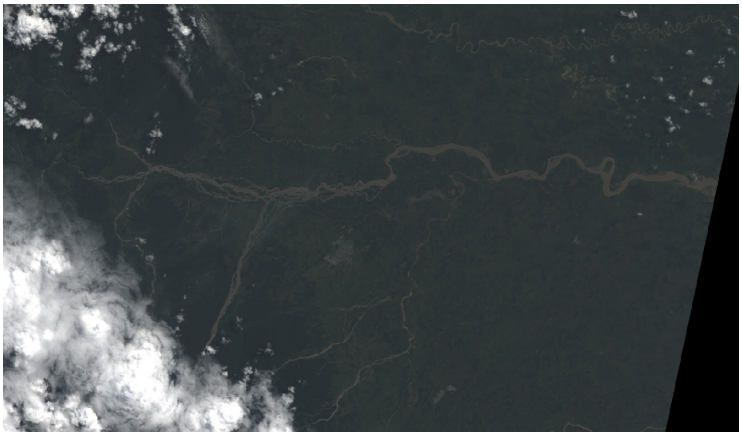


Figura 5 – Imagen satelital 1, Landast OLI8-TIRS 2019 julio. Fuente USGS.

Para definir los datos de entrenamiento, a través de la identificación de las firmas espectrales definimos las variables, ver figura 7 y figura 8, este procedimiento arrojó los rangos que permitirán construir las ramas de cada uno las reglas e hipótesis de los árboles de decisión para cada una de las escenas. Las hipótesis construidas son: cuerpos de agua; lagos o cuerpos de agua artificiales; arenas, limos y arcillas; bosque denso; pastizales y cultivos. Estas coberturas permitirán evaluar y cuantificar el daño en el entorno del evento de derrame en estudio. En el caso de la distribución de los pixeles en la primera escena, figura 7, se evidencia que las clases vegetación densa y pastizales tienen un mejor comportamiento en las bandas 2 y 3, para el caso de la clase cuerpos de agua la banda más óptima es la 7. En el caso de la banda 5 se evidencia confusión de la distribución de las clases por lo que no se usó como insumo de entrenamiento. En el caso de la segunda escena, las distribuciones de pixeles de las clases presentan mayor solape;

en la figura 8, los histogramas reflejan dicho comportamiento, no obstante, en este caso, las bandas escogidas como entrenamiento fueron la banda 2 y 3 para vegetación, bandas 5 y 6 para cuerpos de agua.

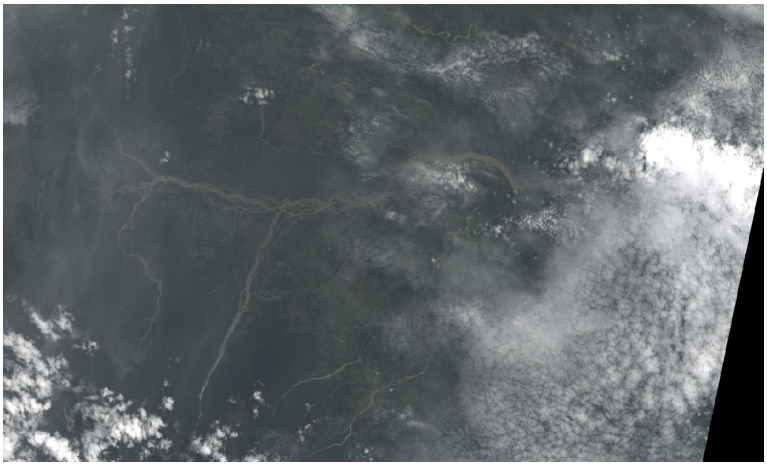


Figura 6 – Imagen satelital 2, Landast 8 OLI TIRS 2019 agosto. Fuente USGS.

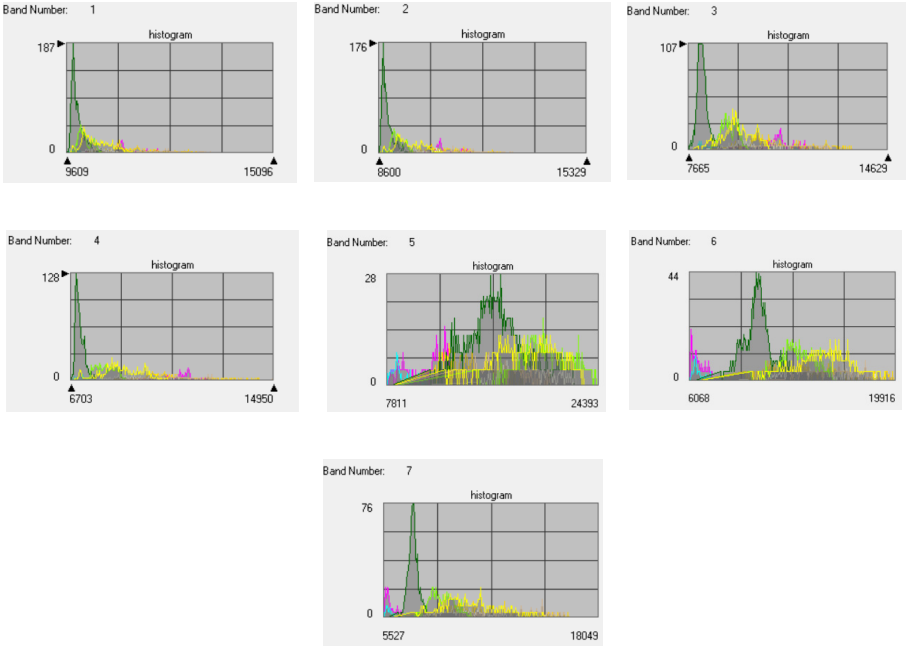


Figura 7 – Histogramas de la imagen 1 para la definición de variables.

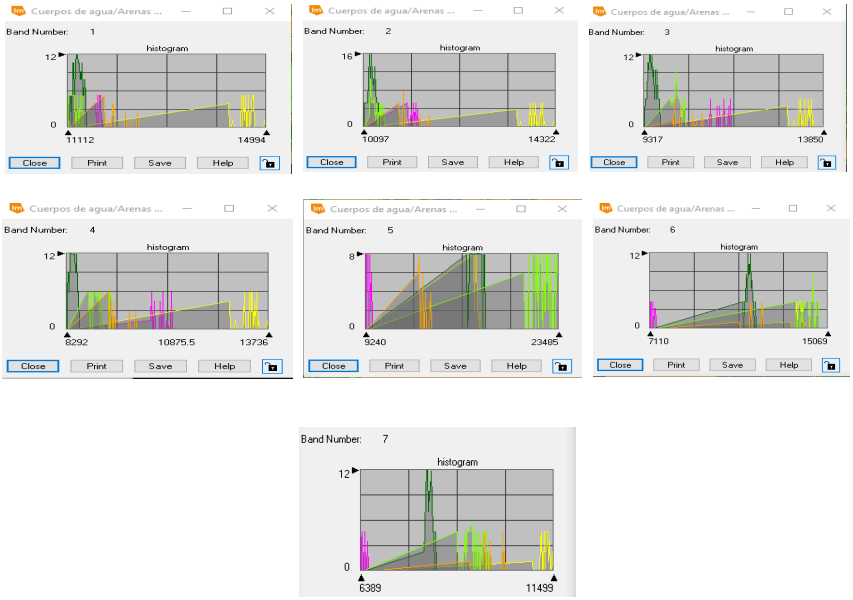


Figura 8 – Histogramas de la imagen 2 para la definición de variables

Una vez definidas las muestras de entrenamiento se procedió a estructurar las reglas de clasificación. Se generaron un total de 6 reglas:

- Si Infrarrojo Cercano = 7811 y < 9422, cuerpos de agua;
- Si verde = 0 y < 8470, bosque denso; si 8590 < verde < 9540, pastizales; si 8590 < verde < 9540, pastizales; 9429 < verde < 10000, cultivos.
- Si rojo > 11398, arenas;

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la técnica de clasificación utilizada mediante los arboles de decisión con la matriz de confusión y coeficiente Kappa.

4.1. Comprobación del grado de fiabilidad mediante la matriz de confusión.

Con el objetivo de comprobar la fiabilidad de la clasificación se realizó el cálculo de la matriz de confusión y el coeficiente Kappa: índice, usado para calcular el computo entre la imagen clasificada y la realidad observada (Cohen, 1960). Este índice representa la proporción de acuerdos observados respecto del máximo acuerdo posible más allá del azar (Willington, 2013). En el caso de la primera escena, ver tabla 1, del presente artículo, el coeficiente arrojo un valor de 0.809 en el caso de la segunda fue de 0.798, ver tabla2. Entre tanto, la matriz de confusión identifica los conflictos entre las clases de referencia clasificadas, la cual consta de una tabla de doble entrada, que confronta

los valores reales o verdad de terreno con los resultados de la clasificación. La diagonal de la matriz muestra la cantidad de pixeles reales y de la clasificación que coinciden por categoría, mientras que los restantes, vienen a mostrar aquellos que se confunden con otras categorías. (Borras, 2017).

Nombre clases	Referencias totales	Clasificaciones totales	Número correcto	Precisiones producidas.	Precisiones usuarior
Lagunas	3	3	3	75,00%	100.00%
Urbano Vias	6	7	6	66,67%	100.00%
Cultivos	1	1	1	66,67%	80.00%
Cuerpos de agua	4	3	3	75.00%	100.00%
Arenas, limos	5	5	5	100.00%	100.00%
Pastizales	6	7	6	100.00%	100.00%

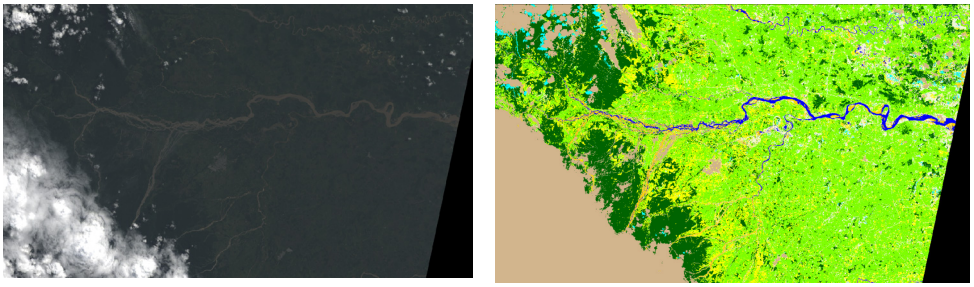
Tabla 1 – Matriz de confusión, imagen 1.

Nombre clases	Referencias totales	Clasificaciones totales	Número correcto	Precisiones producidas.	Precisiones usuarior
Lagunas	3	3	3	41,67%	83.33%
Urbano Vias	6	7	6	66,67%	100.00%
Cultivos	1	1	1	66,67%	80.00%
Cuerpos de agua	3	3	3	75.00%	66.67%
Arenas, limos	5	4	5	100.00%	100.00%
Pastizales	6	7	6	100.00%	100.00%

Tabla 2 – Matriz de confusión, imagen 2.

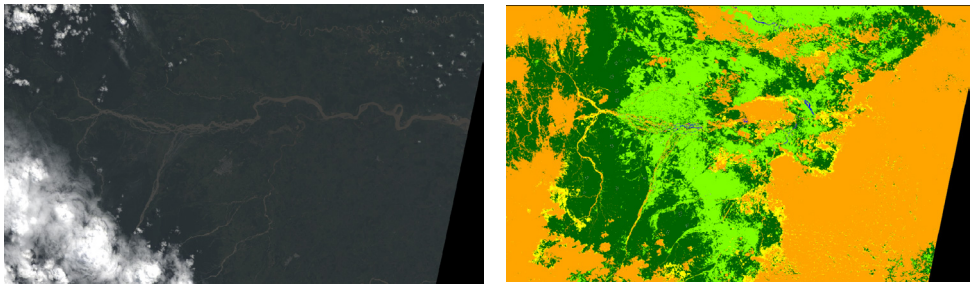
4.2. Imágenes clasificadas.

En esta sección se presentarán los resultados de la clasificación de las imágenes en las áreas de estudio, con base en las reglas y variables establecidas en la sección 2.3 del presente artículo. Ver figura 9 y 10.



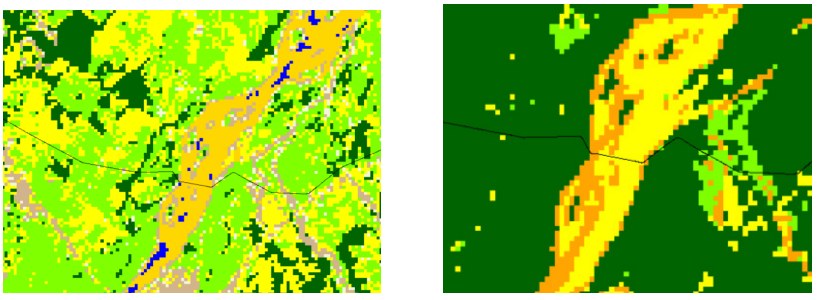
a) b)

Figura 9 – a) imagen Landsat b) imagen clasificación mediante arboles de decisión de la imagen Lansidsat



a) b)

Figura 10 – a) Imagen Landsat b) Imagen clasificación mediante arboles de decisión de la imagen Landsat.



a) b)

Figura 11 – Comparación en la clasificación de la cobertura donde ocurrió el evento de derrame.

Inicialmente, se observa una clasificación errónea entre la vegetación que ronda la cuenca del río Arauca, lo anterior, se debe a la gran superposición valores espectrales debido a la sombra de los árboles. De las imágenes clasificadas y los índices condicionales kappa las clases pastizales y bosque denso arena han mostrado muy buenos resultados. Las clases que tienen una distribución uniforme sobre el área de estudio han sido clasificadas correctamente par ambas escenas. En el caso de las nubes, identificamos que en el caso de la segunda escena tiene una mayor preponderancia la cobertura de nubosidad.

En el caso específico del presente estudio al realizar la comparación entre las coberturas clasificadas en la zona donde ocurrió el evento de derrame encontramos que, se evidencia un cambio en la cobertura Cuerpo de Agua y Limos, arcillas y arenas, éstas últimas corresponden. En la figura 11, se puede identificar el cambio de cobertura, en la zona donde se presentó la contaminación por derrame de crudo.

5. Conclusiones.

En este artículo se implementó un enfoque de clasificación mediante árboles de decisión para imágenes satelitales con el objetivo de implementar una alternativa de clasificación y evaluación de la contaminación por derrames de crudo en el medio ambiente, a través de áreas de entrenamiento que se consideran variables representativas en lugar de datos reales, en comparación con otros métodos, que se realizan in situ y por medio de simulaciones computarizadas evaluando las concentraciones y contaminantes del entorno (Molina, 2015). La presente alternativa registró el cambio de cobertura entre la escena inicial y la escena final cuando se registró el evento de derrame de crudo. En la primera, la zona de estudió reflejó un área de 0,55 Km2 de rio y vegetación arbustiva en comparación con la segunda que se vio reducida a 0,37 Km2. Este cambio registrado con la clasificación de imágenes puede atribuirse al evento de derrame, no obstante, aunque los árboles de decisión se pueden entrenar rápidamente y también adquiere menos tiempo de cálculo. El problema asociado con el árbol de decisiones es la inestabilidad cuando se cambia el espacio de características o los datos de entrenamiento. Sin embargo, como suceden con los algoritmos de aprendizaje en tanto mayor sea el conjunto de entrenamiento, mayor será la precisión lograda. La precisión de los resultados depende únicamente del conjunto de prueba seleccionado.

Referencias

ASME. (2010). Gas Transmission and Distribution Piping System. En T. A. Engineers, ASME B31.8 (pág. 356). doi:9780791834084

Borras, J. D.-V. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. Revista de Teledetección. doi:10.4995/raet.2017.7133

Chowdhury, M. A.-H. (2016). Pipeline Inspection Gauge Position Estimation Using InertialMeasurement Unit, Odometer, and a Set of Reference Stations. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty inEngineering Systems, Part B: Mechanical Engineering.

Chuvieco, E. (2008). Teledetección SIG y Cambio Global. V Coloquio de Geografía Cuantitativa, pags. 33-56. doi:10.26754/ojs_geoph/geoph.1992291833

Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement. Educational and Psychological Measurement. doi:10.1177/001316446002000104

Freire, C. F. (2011). Introducción a la teledetección con ERDAS Imagine. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Landgrebe, R. S. (3 de may de 1991). A survey of Decision Tree Classifier Methodology. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics., 21(3), 660 - 674. doi:10.1109/21.97458

Menco, C. E. (2017). Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo, en la zona de la represa de Hidrosogamoso Departamento de Santander, años 2001 Y 2015. Bogotá: Repositorio Institucional Universidad Distrital - RIUD.

Molina, M. (2015). Propuesta metodológica para evaluar los efectos de un derrame de petróleo en canales del sur de Chile. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, 12.

Pardo, T. (20 de Abril de 2019). En Colombia se han derramado 3,7 millones de barriles de crudo. El Tiempo.

Paz, F. I. (2015). El ELN y la Industria petrolera: ataques a la infraestructura en Arauca. FIP.

Pinzon, C. (2012). Análisis del comportamiento geotecnico de oleoductos y gasoductos en deslizamientos de Tierra. Universidad Industrial de Santander, Santander, Bucarmanga.

Rosenberg, J. (1990). Pipeline caliper pig. United States.

Tejada, L. F. (2015). Efectos del terrorismo en los Oleoductos en Colombia. Universidad Militar Nueva Granda, 1-21.

Useda, M. E. (2018). Ruptura de oleoductos por interfernecia externa, daño ambiental y sostenibilidad en Colombia. Producción + Limpia. doi:10.22507/pml.v13n2a1

Willington, E. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación dedistintos algoritmos sobre imágenes Landsat. SSN 1852-4850.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 01/10/2020
Aceitação/Acceptance: 16/12/2020

Soluções para o impacto da tecnologia no setor dos serviços: O caso da McDonald's

Cláudia Jéssica Rodrigues Oliveira[1], Margarida Fernandes Lopes[1], Raquel Arêde Rodrigues Calisto[1], Sofia Ferreira Seco[1], Cicero Eduardo Walter[1,2,3], Manuel Au-Yong-Oliveira[1,2]

jessicaoliveira18@ua.pt; margaridalopes27@ua.pt; raquel.calisto@ua.pt; sofiaseco@ua.pt; eduardowalter@ifpi.edu.br; mao@ua.pt

[1] Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal.

[2] GOVCOPP, Aveiro, Portugal.

[3] Federal Institute of Education, Science and Technology of Piauí, Brazil.

Pages: 528-547

Resumo: O nosso estudo é sobre o trabalho do futuro e abordamos o avanço tecnológico no setor dos serviços, nomeadamente na McDonald's, uma corporação transnacional importante. A pesquisa é exploratória e descritiva. O procedimento técnico seguido foi o de inquérito por questionário, com 297 respostas a dois inquéritos separados. A abordagem do problema é assim quantitativa. Recolhemos dados sobre a perceção dos utilizadores e colaboradores da McDonald's. As soluções com o objetivo de fazer frente ao futuro são: 1) criar um espaço de entretenimento para as crianças que contrarie a tendência da sua sobre-exposição à tecnologia; 2) contrariar a substituição do trabalho humano pelas máquinas – com trabalhadores formados para o efeito; 3) criar unidades dedicadas somente ao McDelivery; e 4) responder à crescente exigência por parte dos consumidores relativamente à personalização dos seus produtos. Finalmente, com o teste do qui-quadrado não foram encontrados resultados estatisticamente significativos, em relação ao género dos respondentes. Tudo indica uma igualdade de género no que toca aos consumidores do McDonald's e em relação à tecnologia. Serão necessários, no entanto, mais estudos de forma a comprovar estes resultados exploratórios.

Palavras-chave: Tecnologia; Serviços; Futuro; Inovação; McDonald's.

Solutions for the impact of technology in the services sector: The case of McDonald's

Abstract: Our study is about the work of the future and we address technological advancement in the services sector, namely at McDonald's, a major transnational corporation. The research is exploratory and descriptive. The technical procedure followed was a questionnaire survey, with 297 responses to two separate surveys. The approach to the problem is therefore quantitative. We collect data on the

perceptions of McDonald's users and employees. The solutions with the objective of facing the future are: 1) to create an entertainment space for children that counteracts the tendency of their overexposure to technology; 2) counteract the replacement of human labor by machines - with workers trained for the purpose; 3) create units dedicated only to McDelivery; and 4) to respond to the growing demand from consumers regarding the customization of their products. Finally, with the chi-square test, no statistically significant results were found in relation to the respondents' gender. Everything indicates a gender equality with regard to McDonald's consumers and in relation to technology. However, more studies will be needed to prove that these exploratory results are indeed true.

Keywords: Technology; Services; Future; Innovation; McDonald's.

1. Introdução

A presente investigação norteia-se pelo tema "Trabalho do Futuro", sobretudo pelo objetivo nº 8 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que diz respeito ao "Trabalho Digno e Crescimento Económico". Dentro deste objetivo, torna-se imprescindível considerar a necessidade de se atingir níveis mais elevados de produtividade. Isto será conseguido através da diversificação, da modernização tecnológica e da inovação, enquanto se busca a promoção de políticas orientadas para o desenvolvimento que apoiem as atividades produtivas, a criação de emprego decente, e o empreendedorismo e a criatividade.

Considera-se que há um impacto cada vez maior da tecnologia no setor dos serviços. Isto acontece visto que hoje os serviços são usados amplamente pelas pessoas em praticamente todos os aspetos da vida (Bhat, Kansana, Tripathi e Malik, 2019), e devido à tecnologia estar a mudar a forma como interagimos em sociedade, com especial destaque para a internet, responsável por "criar novos serviços todos os dias" (Au-Yong-Oliveira et al., 2019a, p.348). Também a inteligência artificial tem tido muito impacto, o que origina um leque de vantagens e desvantagens que devem ser avaliadas para que os melhores resultados sejam obtidos no nosso dia a dia (Au-Yong-Oliveira et al., 2020). Objetiva-se com a presente investigação avaliar o impacto da tecnologia no setor de serviços tanto da perspetiva dos utilizadores como dos colaboradores, mais especificamente numa rede de *fast food*.

A justificação para a presente investigação reside no facto de que é necessário recolher perspetivas e dados sobre os comportamentos relacionados com a tecnologia e sobre como esta impacta e irá impactar a nossa vivência, quer de uma forma mais ativa quer de uma forma mais passiva. Nesse sentido, embora a tecnologia seja atualmente um dos pilares do nosso contexto socioeconómico, torna-se de elevada importância a avaliação de como a mesma é percebida por parte dos agentes económicos e quais os comportamentos que inspira. O intuito é compreender como a tecnologia pode potencializar ou obstruir o progresso. Progresso esse que deve ser assente em condições de trabalho justas que favoreçam tanto o crescimento assim como o desenvolvimento económico.

Optamos por concentrar-nos numa comunidade em específico, nomeadamente a cadeia de restaurantes McDonald's. Para tal, iremos fazer, nas secções seguintes: 1) uma contextualização do problema; 2) uma análise da cadeia de restaurantes McDonald's em Portugal; 3) uma revisão da literatura; 4) descreveremos a metodologia seguida envolvendo uma pesquisa sobre a empresa, de dois pontos de vista diferentes: da perspetiva dos trabalhadores e da perspetiva dos consumidores; 5) descreveremos os

resultados dos inquéritos realizados; 6) na secção da discussão e perante os desafios e a pesquisa realizada avançaremos com soluções; 7) concluindo, finalmente, o artigo.

2. Contextualização do problema

Em inícios do século XX, o Taylorismo e o Fordismo foram os grandes agentes de motivação da mudança do método de produção industrial nos países desenvolvidos. O seu objetivo era a ampliação da produção no menor espaço de tempo possível, sendo que os funcionários das fábricas realizavam apenas uma função, rápida e repetidamente. A produção em série era caracterizada pelo recurso a linhas de produção que se movimentavam enquanto o operário se mantinha fixo no seu posto – as máquinas ditavam, portanto, o ritmo do trabalho. Foi então há precisamente um século atrás que começou a ser claramente visível o impacto, tanto positivo, como negativo, que a máquina teria no mundo do trabalho.

As vantagens do desenvolvimento tecnológico são inúmeras. Temos como exemplos do mundo do trabalho a crescente procura de recursos humanos na área das tecnologias. O aumento do uso de máquinas no trabalho fará também aumentar a quantidade de programas desenhados para cada uma das novas máquinas, assim como será crescente a necessidade de manutenção das mesmas.

Desta forma surgem novas profissões - por exemplo, app developers, software developers, gestores de redes sociais, analistas de dados, especialistas em marketing digital, especialistas em e-commerce, youtubers, influencers e colaboradores de serviços de entrega ao domicílio. No entanto, o avanço da tecnologia de uma forma tão acelerada divide opiniões em certos aspetos, sendo um dos mais evidentes a substituição total ou parcial do trabalho humano pela máquina, situação esta que se verifica de certa forma em todos os setores económicos.

Este aspeto tem um lado definitivamente positivo: as máquinas contribuem em várias situações para uma mais eficiente e eficaz execução do trabalho, assim como libertam o trabalhador da realização de certas tarefas, o que lhe permite dedicar-se de melhor forma a outras. Contudo, hoje em dia as máquinas não se confinam apenas a tarefas rotineiras. Nos casos em que a tecnologia põe em causa postos de trabalho humano, como quando os colaboradores se vêm obrigados a migrar para outras funções ou quando são mesmo despedidos da empresa em que trabalham, há, evidentemente, uma interpretação negativa desta evolução tecnológica. No entanto, na atualidade existe ainda um equilíbrio razoável entre o homem e a máquina: vários cargos são perdidos, vários cargos são criados, mas existem também cargos que vão evoluindo e sofrendo algumas alterações. A evolução tecnológica pode também levar a mudança estrutural, criando novos empregos e setores enquanto desloca e muda outros, com repercussões grandes para algumas partes da população (Peralta-Alva e Roitman, 2018).

A atualidade é também fortemente marcada por uma diferença das mentalidades relativamente a há duas décadas atrás. São crescentes as práticas e os valores individualistas a nível global, e não somente dos norte americanos, mas sim de um mundo ocidental, de forma geral, ao qual se associam também os asiáticos, cujas culturas se encontram em grande transformação, também devido à tecnologia e ao

mundo crescentemente digital (Au-Yong-Oliveira et al., 2019b). Este tipo de cultura, cada vez mais popular, tende a priorizar a independência e a singularidade como valores culturais, pondo, por vezes, em segundo plano as relações humanas – em prol dos ecrãs (Assathiany, Guery, Caron, Cheymol, Picherot, Foucaud e Gelbert, 2018) e do "eu".

Outro aspeto muito presente da sociedade de hoje em dia é, efetivamente, o estilo de vida acelerado e uma consequente necessidade de tornar tudo fácil e rápido. A fast food e a fast fashion (Costa et al., 2018) são dois grandes exemplos desta forma de ser e de estar. Para além disso, um ponto efetivamente positivo dentro desta mudança de mentalidades é o aumento da consciencialização ecológica e da importância dada à sustentabilidade. Devido às alterações climáticas e ao uso excessivo de recursos, a sociedade tem vindo a ser obrigada a dedicar-se ao uso sustentável dos seus recursos (Bajan e Mrowczynska-Kaminska, 2020).

Por outro lado, muitos líderes empresariais abraçaram o conceito da sustentabilidade e da responsabilidade social corporativa na última década, como parte da sua estratégia empresarial. "Among all the business strategies, CSR is attracting significant attention among academics and practitioners. CSR is beneficial to society, the environment, and the economy of the country." (Moktadir, Rahman, Jabbour, Ali e Kabir, 2018, p.369). É neste contexto que surgem também os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos em 2015 pela Assembleia das Nações Unidas.

Por último, é de realçar um crescente nível de exigência por parte dos clientes na época em que vivemos, diretamente relacionado com o aumento e fortalecimento da concorrência. "Well established in the literature is the notion that building strong and sustainable consumer/brand relationships is the cornerstone to contemporary marketing success." (Grace, Ross e King, 2020, p.1). Desta forma, surgem constantemente novas formas de melhorar a qualidade do serviço ao cliente. Seja o tempo de espera numa loja ou a rapidez de resposta dos serviços de apoio ao cliente, toda a experiência do cliente é, hoje em dia, valorizada. Atualmente é incontestável: o cliente detém o poder e a tecnologia é uma forma importante de se responder a essa realidade de forma mais eficaz.

3. A cadeia de restaurantes McDonald's em Portugal

A cadeia de restaurantes McDonald's é a maior cadeia mundial de restaurantes de fast food de hambúrgueres, servindo cerca de 68 milhões de clientes por dia em 119 países (McDonald's em Portugal, 2020). Chegou a Portugal em 1991, com o objetivo de apresentar um novo conceito aos portugueses: um serviço conveniente, acessível, familiar e informal (McDonald's em Portugal, 2020). Desde então, existem já 172 restaurantes em território português. Apesar de os restaurantes estarem bastante concentrados no litoral do país, a verdade é que podemos afirmar que esta é uma marca bastante conhecida e sólida no mercado português da restauração (McDonald's em Portugal, 2020). Atualmente, esta empresa conta com cerca de 6500 empregados e 90% dos restaurantes são geridos por franchisees, ou seja, empresários locais (McDonald's em Portugal, 2020).

Têm sido várias as alterações estratégicas que a McDonald's tem feito no seu serviço. Algumas tiveram como objetivo melhorar a adaptação da marca aos mercados em que se vai inserindo. "The McDonald's Company has an enormous worldwide success as a result of the strategic management applied through two vectors: standardization and adaptation. On the one side, in each country the diners find similar products, on the

other side, the customers discover products adapted to the cultures and trends of all the countries." (Opait, 2019, p.1). No mercado português, temos como exemplo a introdução da "bica" servida em chávena, assim como de outros produtos tipicamente portugueses (a sopa, o McPrego, entre outros). Outras foram simplesmente medidas que procuraram acompanhar a evolução das mentalidades da sociedade e da tecnologia. São exemplos a criação do serviço McDrive, os espaços McCafé, o serviço de pequeno-almoço e, mais recentemente, as máquinas de pedidos automáticas e do serviço de entrega ao domicílio, o McDelivery. Este último aconteceu fruto de uma parceria com apps de entrega de comida ao domicílio, a UberEats e a Glovo.

4. Revisão da Literatura

Uma pesquisa na base de dados da Scopus, em 12-11-2020, com a palavra "McDonald's" – no título, resumo ou palavras-chave - retornou 6,354 publicações. Restringindo mais a pesquisa para as Boolean Operators "McDonald's" and "technology" retornou 263 publicações. Restringindo ainda mais a pesquisa para as Boolean Operators "McDonald's" and "technology" and "restaurant" retornou 11 publicações. Nesta última pesquisa a publicação mais antiga é de 2004 e a mais recente é de 2020. A tabela 1 resume os resultados desta última pesquisa feita na Scopus (título do artigo, os seus autores e o ano de publicação; assim como o contributo inovador do artigo).

Título	Autores e ano	Contributo inovador
Improving order processes with information technology: McDonald's case	Akcam, B.K. - 2020	McDonald's *"is improving its business processes, mainly the order process, with new technologies to provide customer convenience."* *"Self-order kiosks, the mobile order and pay app, and the Uber Eats app are three major technologies which have changed the order processes at McDonald's."*
Opinion Mining on Food Services using Topic Modeling and Machine Learning Algorithms	Akila, R., Revathi, S., Shreedevi, G. - 2020	*"The use of opinion mining in the field of big data is used for categorizing the opinions of people or customers into different sentiments and to evaluate the mood of the customers."* *"Opinion mining has gained significant importance over time due to the steep increase in the amount of opinions available online."* *"A real time McDonald's dataset has been used for this work to determine the positive, negative and neutral reviews about the policies followed or violated by the restaurant."* *"In particular, the media has recently portrayed their employees as being rude, and so they want to review comments about rude service."* *"Opinion mining, using Machine Learning algorithms."*
Assessing the health impact of transnational corporations: A case study on McDonald's Australia	Anaf, J., Baum, F.E., Fisher, M., Harris, E., Friel, S. - 2017	*"We found that McDonald's outlets were slightly more likely to be located in areas of lower socioeconomic status. McDonald's workplace conditions were found to be more favourable than those in many other countries which reflects compliance with Australian employment regulations."* *"The breadth of findings revealed the need for governments to strengthen regulatory mechanisms that are conducive to health; the opportunity for McDonald's to augment their corporate social responsibility initiatives and bolster reputational endorsement."*

Título	Autores e ano	Contributo inovador
Web data retrieval: Solving spatial range queries using k-nearest neighbor searches	Bae, W.D., Alkobaisi, S., Kim, S.H., Narayanappa, S., Shahabi, C. - 2009	*"A chain restaurant's web site such as McDonalds can be queried to find some of the closest locations of its branches to the user's home address. However, even though the site has the location data of all restaurants in, for example, the state of California, it is difficult to retrieve the entire data set efficiently due to its restrictive web interface. Considering that k-Nearest Neighbor (k-NN) search is one of the most popular web interfaces in accessing spatial data on the web, this paper investigates the problem of retrieving geospatial data from the web for a given spatial range query using only k-NN searches."*
McCormick Place goes Wi-Fi	Deligio, T. - 2006	*"The development Wi-Fi technology has enabled properly equipped PDAs, mobile phones, and laptops to go online at a variety of locations throughout McCormick Place, Chicago. Chicago started taking bids on the $18 million project, which will be publicly owned, but privately operated. The locations in McCormik Place that will have access to the Wi-Fi technology include the Plate Room Food Court, Starbucks, McDonald's in the North Building."*
The French challenge: Adapting to globalization	Gordon, P.H., Meunier, S. - 2004	*"In August 1999 a forty-six-year-old sheep farmer name José Bové was arrested for dismantling the construction site of a new McDonald's restaurant in the south of France."* *"As the French struggle to preserve the country's identity, heritage, and distinctiveness, they are nonetheless adapting to a new economy and an interdependent world."* *"By examining a wide variety of possible measures of globalization and liberalization, the authors conclude that the French economy's adaptation has been far reaching and largely successful, even if French leaders prefer to downplay the extent of these changes in response to political pressures and public opinion."* *"They call this adaptation "globalization by stealth."*
Environmental Corporate Social Responsibility Management and Strategy to Reshaping Consumer Behaviour	Lim, G.N., Arumugam, P.V. - 2019	*"Plastics have become a major issue to our environment especially the unavoidable usage of plastic straws whenever you buy drinks."* *"This issue can be solved with collective effort amongst the customers and companies to replace plastic straw with biodegradable straws."* *"Huge franchise chain food and beverages companies like McDonald and Starbucks support the biodegradable straw."* *"McDonalds is in 100 countries and having more than 35,000 restaurants worldwide, is more than capable to promote pro-environmental behaviour to their customers. This paper provides a feasible framework for McDonalds and Starbucks to initiate the pro-environment lifestyle and experience towards sustainable competitive advantage."*

Título	Autores e ano	Contributo inovador
Gender differences in innovation among US entrepreneurs	Robb, A., Coleman, S. - 2014	*"From the standpoint of service, most firms now provide an online service option to supplement or even replace in-store service personnel, enabling goods to be purchased, returned and repaired online. Fast food restaurants are another example of service innovation."* *"Recognizing that working professionals and parents may not have time for a leisurely meal, restaurants such as McDonald's, D'Angelos and Subway cater to their need for fast service and increasingly healthy choices."*
Digital inclusion with the McInternet: Would you like fries with that?	Sacchi, A., Giannini, E., Bochic, R., Reinhard, N., Lopes, A.B. - 2009	*"Socially oriented information technology (IT) initiative produced by corporations can be good for business and society as IT has an inherent flexibility that allows a single infrastructure to be adapted to multiple uses and getting benefits. A well implemented plan by McDonald's Brazil named McInternet offered free Internet access to its customers, and helped decrease the country's divide. The project's main motivation was the potential increase in restaurant traffic and the association of the McDonald's brand with youngsters and cool technology."* *"Project leaders were able to adopt the good results that the McInternet brought to the company, because of its openness to benefits beyond increase in profits."*
Stop press	No author cited - 2007	*"McDonald's teamed up with SK Telecom, has introduced a new ordering scheme using mobile phones and infrared sensors at one of its restaurants. Each table inside the restaurant has a menu with built-in RFID chips and RFID readers that plug into the handsets, enabling customers to place an order from their table which then in turn sends them a phone message when the meal is ready."*
Productivity, one bite at a time	No author cited - 2007	*"Golden State Food (GSF), one of the largest food distributors in the United States, is improving distribution to McDonald's and its other quick service restaurant customers by gradually introducing labor standards and paperless technologies. The improvements began with a new 270,000 square-foot distribution center (DC) that combined the operations of three smaller facilities. The plant to go paperless has started with the introduction of voice-directed picking technology in the refrigerated portion of the DC."*

Tabela 1 – Detalhes sobre os artigos da Scopus com a pesquisa
Boolean Operators "McDonald's" and "technology" and "restaurant"

Uma análise da tabela 1 revela que a McDonald's tem estado, ao longo do tempo, atenta às inovações tecnológicas que poderia implementar no seu negócio, de forma a acompanhar a evolução da vontade do mercado e dos consumidores. A McDonald's tem estado também no centro de alguns avanços polémicos na sociedade. Por exemplo, em 1999, a McDonald's, no sul de França, foi um alvo de um criador de ovelhas francês e que era contra a globalização - globalização essa que aconteceu em França, mesmo que de forma discreta, num processo de "globalization by stealth" – note-se que há quem defenda que a globalização vai contra a herança e a identidade únicas dos países (Gordon e Meunier,

2004). Por outro lado, segundo um artigo de 2007, a McDonald's já há mais de uma década que pensava em novas formas de os clientes fazerem pedidos com telemóveis e sensores de infravermelhos (leitores e chips RFID). A ideia era os clientes poderem estar mais tempo comodamente sentados e aguardando uma mensagem a indicar que a sua refeição estava pronta. Em termos de logística, a McDonald's tem também motivado os seus distribuidores a procurarem novas e melhores formas de a servir produtivamente (ao acabarem com o papel, conforme indicado num outro artigo de 2007). Igualmente há mais de uma década, a McDonald's oferecer Internet grátis aos seus clientes (o projeto McInternet, no Brasil) foi visto como uma ação socialmente responsável (conectando à Internet quem não tinha outros meios para tal) ligada à implementação das tecnologias de informação – bom para o negócio e bom para a sociedade (Sacchi, Giannini, Bochic, Reinhard e Lopes, 2009). Foi uma iniciativa com uma visão para além do mero retorno conseguido com um aumento do lucro resultante da maior afluência de clientes (Sacchi et al., 2009). Deligio (2006) também refere a importância distintiva da tecnologia Wi-Fi, na altura, em Chicago, numa praça de alimentação onde se encontrava um McDonald's. Bae, Alkobaisi, Kim, Narayanappa e Shahabi (2009) referem a importância da fácil localização de um restaurante, de uma cadeia, que esteja perto de casa (ou seja, identificar mesmo o restaurante da cadeia que esteja o mais perto possível) usando-se a tecnologia ligada a websites, neste caso o website da cadeia McDonald's (implica o uso de dados referentes ao espaço).

Artigos mais recentes relacionam, por exemplo, os restaurantes McDonald's com a inovação ao nível do serviço (Robb e Coleman, 2014), pois esta e outras cadeias (e.g. Subway) possibilitam que pessoas e pais que trabalham, e que não têm tempo para fazer uma refeição prolongada de lazer, que possam comer rápido e com escolhas cada vez mais saudáveis (Robb e Coleman, 2014). Anaf, Baum, Fisher, Harris e Friel (2017) referem que restaurantes McDonald's têm a tendência de estarem localizados em zonas de classes sociais mais baixas e tendo, por outro lado, condições de trabalho mais favoráveis, pelo menos na Austrália. Anaf et al. (2017) referem ainda a possibilidade da McDonald's poder aumentar as suas iniciativas de responsabilidade social corporativa, o que será melhor para a sua reputação.

Lim e Arumugam (2019), por sua vez, referem como o plástico se tem tornado um assunto importante para o ambiente, e que o seu uso deverá ser evitado sempre que possível. É dado o exemplo das palhinhas quando se compram bebidas e que as palhinhas de plástico deverão ser substituídas por palhinhas biodegradáveis, num esforço coletivo de clientes e empresas. Cadeias gigantes como a McDonald's (presente em mais de 100 países e com mais de 35.000 restaurantes no mundo inteiro) têm apoiado este tipo de iniciativas em prol do ambiente. Esta sua promoção de comportamentos mais a favor do ambiente, junto dos seus clientes, enunciando um estilo de vida e experiências mais benéficas para todos, poderão levar a vantagem competitiva sustentável (Lim e Arumugam, 2019).

Uma técnica nova e interessante que é referida por Akila, Revathi e Shreedevi (2020) é opinion mining – do campo de atuação do big data. Categoriza as opiniões das pessoas ou clientes de acordo com sentimentos diferentes e para se avaliar a disposição dos clientes. Com Machine Learning algorithms já é possível fazer opinion mining e tratar a imensidão de opiniões dadas online. Desta forma a McDonald's pode, em tempo real, tratar um conjunto de dados no sentido de determinar feedback positivo, negativo e

neutro sobre políticas seguidas ou violadas pelo restaurante. Serviço mau, por exemplo, é um tema importante e focado pelos media que se pode querer investigar segundo este método e tecnologia (Akila et al., 2020).

Finalmente, é referido por Akcam (2020) que os quiosques de auto-pedidos, a app de pedidos móveis e de pagamento, assim como a app da Uber Eats são três das tecnologias que mudaram os processos de pedidos na McDonald's. O objetivo da McDonald's é a conveniência no tratamento de pedidos dos seus clientes e tem usado a tecnologia para esse fim (Akcam, 2020).

5. Metodologia

O objetivo do nosso estudo é avaliar a perceção e o comportamento dos utilizadores e colaboradores sobre a tecnologia nos serviços. O caso em análise é a cadeia de restaurantes da McDonald's. A pesquisa é tanto exploratória como descritiva. O procedimento técnico seguido foi o de inquérito por questionário. A abordagem do problema é assim quantitativa. O tratamento, análise e interpretação dos dados foram feitos com o Microsoft Excel. Recorreu-se a estatística descritiva assim como a estatística inferencial - o teste do qui-quadrado (Bryman e Bell, 2015).

Esta pesquisa é exploratória, com amostras de conveniência (populares e aceitáveis na pesquisa em gestão – segundo Bryman e Bell, 2015). Pretende-se chamar a atenção para um tema de importância crescente – o impacto da tecnologia nos serviços e neste caso no MacDonald's. Poderá, assim, este estudo servir de base para estudos futuros mais aprofundados e com amostras maiores e mais representativas.

O nosso estudo é sobre o trabalho do futuro e abordamos o avanço tecnológico no setor dos serviços e na indústria da restauração. Como poderá a cadeia de restaurantes McDonald's adaptar-se? A McDonald's é uma corporação transnacional importante (Anaf et al., 2017) operando também em Portugal. Decidimos que seria enriquecedor para o nosso artigo estudar duas perspetivas diferentes relacionadas com este assunto: a perspetiva dos consumidores e a perspetiva dos funcionários dos estabelecimentos.

Desta forma, em primeiro lugar, optamos por realizar um questionário (Bryman e Bell, 2015) direcionado à população em geral. Este questionário foi realizado numa plataforma online, o Google Forms, e foi divulgado pelos autores e por colegas, em diversas redes sociais, como o Facebook e o Instagram. Este formulário esteve aberto a respostas desde o dia 26 de fevereiro de 2020, até ao dia 21 de março de 2020. No total, obtiveram-se respostas de 292 consumidores. Reuniu-se informação sociodemográfica, opiniões relativas ao avanço tecnológico, quais os aspetos que valorizam numa experiência de compra, e se costumam frequentar os estabelecimentos McDonald's. Posteriormente, o questionário focou-se em perguntas relacionadas com a experiência e preferências de compra do consumidor nos restaurantes McDonald's. Por exemplo, perguntou-se se preferem fazer o seu pedido ao balcão ou nas máquinas automáticas, e porquê.

Para analisarmos a perspetiva dos funcionários, o nosso plano inicial era realizar entrevistas presenciais. No entanto, no seguimento da situação de saúde pública nacional atual, de pandemia Covid-19, não foi possível deslocarmo-nos aos restaurantes. Desta forma, decidimos criar um questionário online, também na aplicação Google

Forms, para este estudo adicional. Após termos contactado alguns restaurantes da McDonald's e termos solicitado a sua colaboração, recebemos algumas respostas, incluindo de algumas pessoas nossas conhecidas que lá trabalhavam. Este questionário obteve, no total, cinco respostas de funcionários. Pretendíamos analisar quais os avanços tecnológicos implementados nesta cadeia de restaurantes, qual a perceção dos funcionários em relação a estes e de que forma afetaram a sua vida profissional. Para além destas questões, tentámos perceber qual a sua opinião relativamente a algumas das medidas de melhoria por nós propostas.

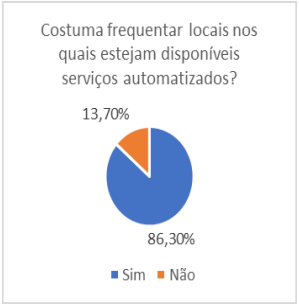
6. Resultados

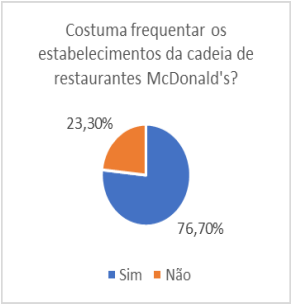
6.1. Inquérito aos consumidores

O inquérito foi direcionado à população em geral e foi maioritariamente respondido por pessoas de idades compreendidas entre os 20 e os 30 anos (44,9%), do sexo feminino (78,4%), cuja situação profissional é estudante (38,7%) ou trabalhador (52,7%). No que diz respeito à região onde residem, obtivemos respostas de cidadãos provenientes de diversas partes do território nacional. Os distritos com maior representação foram Viseu (20,9%), Aveiro (19,9%), Guarda (19,5%) e Porto (18,5%). Na figura 1 é possível analisar algumas das questões e as respetivas respostas obtidas.

Para além das questões representadas nos gráficos, outros aspetos foram também abordados. No que diz respeito aos aspetos que mais valorizam numa experiência de compra, a maioria dos inquiridos (72,3%) indicou a simpatia dos funcionários (um aspeto intangível do serviço). Relativamente aos inquiridos que preferem realizar o seu pedido ao balcão (27,2%), estes afirmaram que preferem ser atendidos por uma pessoa (65,6%), e que assim têm a possibilidade de esclarecer as suas dúvidas (50,8%) - outro aspeto intangível do serviço. Os inquiridos que afirmaram ter preferência em realizar o seu pedido nas máquinas automáticas (72,8%) justificaram-no principalmente com o facto de terem a possibilidade de visualizar todos os produtos disponíveis no menu (63,2%) e de terem mais tempo para decidir o pedido (61,3%). Adicionalmente, tal preferência pelas máquinas deve-se ao facto de estes consumidores valorizarem mais a liberdade e a autonomia durante a realização do processo, aspetos que espelham também o estilo de vida da sociedade atual. Quanto ao serviço de entrega ao domicílio, consideramos que a baixa percentagem de utilizadores (16,5%) se deve ao facto de este ainda só existir nas grandes cidades.







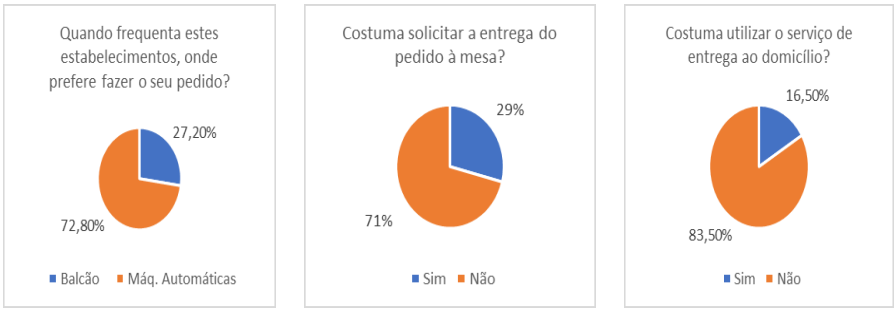


Figura 1 – Respostas ao questionário

Com o intuito de identificar as possíveis associações entre as perceções e os comportamentos dos consumidores relacionados com a utilização de serviços em geral baseados na tecnologia, bem como de serviços específicos oferecidos pelo McDonald's, procedeu-se à aplicação do teste de independência de qui-quadrado (X^2), em relação ao género, sendo esta uma das variáveis utilizadas para a segmentação da oferta de produtos e serviços (Kotler e Keller, 2012).

Nesse sentido, fizemos um total de seis testes do qui-quadrado, nomeadamente testamos a associação entre o género dos respondentes e: 1) se costuma frequentar os estabelecimentos da cadeia de restaurantes McDonald's (X^2=0,00332)? 2) se considera que a tecnologia representa uma ameaça para o futuro dos trabalhadores (X^2=0,99988)? 3) se costuma frequentar locais nos quais estejam disponíveis serviços automatizados (por exemplo, caixas de pagamento automático) (X^2=0,38697)? 4) se quando frequenta estes estabelecimentos, prefere fazer o seu pedido ao balcão ou nas máquinas automáticas (X^2=0,27307)? 5) se costuma solicitar a entrega do pedido à mesa (X^2=0,02364)? 6) se costuma utilizar o serviço de McDrive (X^2=0,7027)? Todos os testes mostraram a independência das variáveis. As tabelas de contingência e os respetivos testes estatísticos revelaram então que, em termos de género, não surge nenhum padrão em relação a estas questões supramencionadas. A título de exemplo, as tabelas 2, 3 e 4 mostram três exemplos claros em que as percentagens de homens e mulheres demonstram padrões similares, não tendo aparecido por isso associação entre o género e as variáveis: a) considera que a tecnologia representa uma ameaça para o futuro dos trabalhadores (tabela 2)? b) faz o pedido ao balcão ou nas máquinas automáticas (tabela 3)? c) costuma solicitar a entrega do pedido à mesa (tabela 4)?

	Sim	**Percentagem**	**Não**	**Percentagem**	
Feminino	124	54,10%	105	45,90%	229
Masculino	29	46%	34	54%	63
Total	153		139		292

Tabela 2 – Considera que a tecnologia representa uma ameaça para o futuro dos trabalhadores?

	Balcão	Percentagem	Máq. Automáticas	Percentagem	Total
Feminino	46	26,10%	130	73,90%	176
Masculino	15	31,25%	33	68,75%	48
Total	61		163		224

Tabela 3 – Quando frequenta estes estabelecimentos, prefere fazer o seu pedido ao balcão ou nas máquinas automáticas?

	Sim	Percentagem	Não	Percentagem	Total
Feminino	52	29,50%	124	70,50%	176
Masculino	13	27,10%	35	72,90%	48
Total	65		159		224

Tabela 4 – Costuma solicitar a entrega do pedido à mesa?

De referir que para o cálculo do qui-quadrado em todas as instâncias foi aplicada a correção de Yates, devido às tabelas de contingência serem pequenas, com somente um grau de liberdade (Saunders e Cooper, 1993). A tabela 5 demonstra os cálculos do qui-quadrado no caso de se relacionar o género com o fazer o pedido ao balcão ou nas máquinas automáticas (X^2=0,27307).

O	E	O-E	IO-EI	IO-EI-0,5	(IO-EI-0,5)2	((O-E)-0,5)2/E
46	47,92857143	-1,928571429	1,9285714	1,4285714	2,040816245	0,042580369
130	128,0714286	1,928571429	1,9285714	1,4285714	2,040816245	0,015934985
15	13,07142857	1,928571429	1,9285714	1,4285714	2,040816245	0,156128019
33	34,92857143	-1,928571429	1,9285714	1,4285714	2,040816245	0,058428277
						0,273071649

Tabela 5 – Cálculo do qui-quadrado - Quando frequenta estes estabelecimentos, prefere fazer o seu pedido ao balcão ou nas máquinas automáticas?

6.2. Inquérito a funcionários

Após analisarmos as respostas ao inquérito direcionado aos funcionários do McDonald's, concluímos que este foi respondido na totalidade por indivíduos entre os 20 e os 30 anos, e que lá trabalham há 1 ano ou menos. No que diz respeito às funções dos inquiridos, a mais exercida é o atendimento ao público, no entanto, temos conhecimento que existe uma rotação de postos de trabalho dentro do restaurante. Quando inquiridos acerca das inovações tecnológicas que tiveram mais impacto no seu local de trabalho, os funcionários ressaltaram a introdução das máquinas automáticas e o novo sistema de organização dos pedidos que permite aos funcionários começarem a organizá-los assim que as pessoas os realizam. Todos os inquiridos consideram que tiveram a formação e o acompanhamento adequados para facilitar a adaptação ao uso das novas tecnologias, o que nós acreditamos ter sido essencial e um ponto chave para o sucesso e bom funcionamento destes novos métodos. Quatro dos cinco respondentes não considera que a tecnologia represente uma ameaça ao seu posto de trabalho e sente que foram criadas alternativas de trabalho dentro do estabelecimento para compensar as funções agora realizadas pelas máquinas.

Tendo em conta estes dados exploratórios, podemos ser levados a concluir que poderá existir uma relação entre a sua opinião relativamente à possível ameaça da tecnologia e a sua interpretação acerca da forma como a empresa gere a introdução de novas inovações tecnológicas. Relativamente à pergunta "Sente que o McDonald's está a investir mais na experiência do cliente?", três dos cinco dos funcionários respondeu afirmativamente, fazendo referência ao serviço de entrega do pedido à mesa, ao investimento no McCafé e nos espaços infantis. Como tal, estes dados indicam que o McDonald's está a fazer cada vez mais esforços para associar os seus restaurantes a um espaço de lazer. No que diz respeito aos serviços de entrega ao domicílio, três dos cinco respondentes consideram que estes condicionam a rapidez e organização dos pedidos no restaurante, sendo que o mesmo número de respondentes refere que seria benéfico a criação de uma unidade separada de preparação destes pedidos.

7. Discussão - Desafios e soluções propostas

Nesta secção iremos dar sugestões de soluções inovadoras de melhoria para os problemas e tendências enunciados superiormente. Esta secção resulta assim de uma reflexão fruto da pesquisa de campo realizada assim como da literatura lida.

7.1. Falta de um espaço de entretenimento para as crianças que contrarie a tendência da sua sobre-exposição à tecnologia

Estamos cientes de que, hoje em dia, um dos maiores desafios da sociedade é combater o uso de ecrãs por parte das crianças. Desde cada vez mais cedo que as crianças têm contacto com telemóveis, tablets, etc., parecendo até que muitas delas "já nascem ensinadas" devido à facilidade com que manuseiam e utilizam os aparelhos eletrónicos. "Screens, whether interactive (computers, game consoles, smartphones, and tablets) or not interactive (televisions), are increasingly prevalent within families. The recent advent of smartphones (2008) and digital tablets (2010) has created a deep transformation in screen use. The small size of these devices, their easy and often intuitive use, and the existence of specific applications make them ideally suited to please children." (Assathiany, Guery, Caron, Cheymol, Picherot, Foucaud e Gelbert, 2018).

Por outro lado, na nossa perspetiva, as empresas têm como desafio manter ou criar novos postos de trabalho, enquanto inovam e implementam novas tecnologias, de maneira a não ficarem atrasadas perante a concorrência. Numa sociedade em que muita desta nova tecnologia começa a facilitar e até a substituir o trabalho humano nas mais diversas áreas, vemos que esta é uma das maiores adversidades que as empresas e a sociedade enfrentam.

Desta maneira, sendo o McDonald's uma cadeia de restaurantes que tem vindo a apostar na implementação de novas tecnologias no seu serviço, conforme vimos na revisão da literatura, assim como nos inquéritos, e que é bastante frequentada por famílias, este pode e deve ter uma posição que faça frente a estes dois desafios. Conhecido por defender experiências familiares, o McDonald's sempre teve espaços dedicados às crianças, tais como parques infantis, mesas interativas, e aquilo que consideramos mais comum atualmente, as zonas dos tablets. No entanto, todos estes espaços didáticos necessitam da supervisão de algum adulto responsável, e consideramos que hoje em

dia os tablets são muito mais apelativos para as crianças, e uma solução mais fácil para os pais os supervisionarem. “This study confirms that children, even when very young, are attracted by screens and also provides evidence of the important role that they have acquired in family life.” (Assathiany, Guery, Caron, Cheymol, Picherot, Foucaud e Gelbert, 2018). Contudo, na nossa perspetiva, esta não é de todo a opção mais educativa e pedagógica para as crianças.

A solução que propomos é a contratação de animadores ou a aposta em formação específica nesta área para alguns funcionários, de maneira a criar ou adaptar os espaços já existentes de entretenimento dedicados às crianças, os Play Spaces, como a própria empresa os denomina. Desta maneira, tendo duas ou três pessoas responsáveis por estes espaços e por desenvolver diversas atividades didáticas com as crianças, achamos que estes se tornariam uma opção de distração e entretenimento mais apelativa e saudável para as crianças, e também para os pais, pois não teriam a necessidade de estar constantemente a supervisioná-las. Por outro lado, perspetivamos que para a empresa esta pode ser uma medida que vai, no caso de se contratarem os animadores, criar mais alguns postos de trabalho humano, e no caso de apostarem na formação para funcionários, criar mais uma função que poderá surgir como uma alternativa ao despedimento de colaboradores devido à extinção do seu posto de trabalho.

7.2. Como contrariar a substituição do trabalho humano pelas máquinas e a consequente desumanização dos serviços

Com a imparável evolução tecnológica, começamos a questionar-nos acerca das consequências da crescente desumanização dos serviços para a nossa sociedade. “Services are essentially intangible benefits and provide value to the consumers. Being dissimilar from a physical good, service has its unique characteristics, including intangibility, heterogeneity as well as inseparability.” (Bhat, Kansana, Tripathi e Malik, 2019, p.137). Atualmente, estamos a assistir a um aumento exponencial da presença da tecnologia em todos os setores da economia. Quando nos referimos às inovações tecnológicas no setor da indústria, levanta-se imediatamente a questão da substituição do homem pelos robots. O maior problema que esta mudança trouxe para a sociedade foi o aumento do desemprego. De facto, qualquer que seja o setor de atividade económica, quando se fala em inovação tecnológica, uma grande ameaça parece ser sempre esta.

Ultimamente, temos assistido a diversas inovações no setor dos serviços. Neste caso, surge um novo desafio: a desumanização dos serviços. Cada vez mais, no nosso dia-a-dia, a tecnologia irá substituir as pessoas - “Digitalization is speeding up and it is accompanied by dramatic changes for the workforce. There is almost no day public press does not report about new technologies and their threats to existing jobs.” (Goetz e Boehm, 2020). Em Portugal, já existem vários exemplos: a farmácia na qual um robot tem a função de recolher os medicamentos das prateleiras (Rosa et al., 2018), as caixas automáticas de self-checkout nos supermercados, ou até mesmo as máquinas nos restaurantes nas quais é o cliente que faz o seu pedido. Estas últimas são cada vez mais usadas dentro da categoria de tecnologias self-service, categorizadas como “interfaces that enable customers to produce a service independent of direct service employee engagement” (Chi, Denton e Gursoy, 2020).

A questão que se põe é a seguinte: será que existe algum perigo de as máquinas dominarem o ser humano? De facto, podemos afirmar que as máquinas são muito mais eficientes e confiáveis a realizar tarefas simples e consistentes. O desafio que encontramos é o seguinte: como garantir que o Homem não será completamente substituído pela tecnologia?

No futuro, é provável que sejam implementadas outras inovações tecnológicas, nomeadamente na cozinha. Será que vai ser um robot a preparar o famoso BigMac?

Estas incertezas levam a que existam muitas pessoas que sentem que a evolução tecnológica é uma ameaça para o mundo do trabalho. Como revelou o nosso inquérito, das 292 pessoas que responderam, 52,4% corrobora esta afirmação.

No nosso ponto de vista, o valor do Homem residirá cada vez mais na sua criatividade e versatilidade, competências que as empresas, nomeadamente o McDonald's, devem ter interesse em desenvolver nos seus colaboradores. Para além destas, pudemos concluir a partir do inquérito que também a simpatia dos colaboradores e a sua prontidão para ajudar e esclarecer dúvidas são aspetos cruciais na preferência pelo recurso aos balcões em detrimento das novas máquinas automáticas. Constatamos assim que as organizações podem implementar inúmeras inovações tecnológicas, contudo o valor intangível do seu serviço é cada vez mais valorizado pelo seu público-alvo.

A solução que propomos para fazer frente a este desafio é então uma redefinição do plano de negócio da empresa, nomeadamente nas áreas de "oferta de valor" e "relacionamento com o cliente". Consideramos que, atualmente, o valor intangível dos serviços é cada vez mais valorizado pelo consumidor. Como tal, seria benéfico para o McDonald's se este começasse a desenvolver as competências relacionais dos seus colaboradores, de forma a oferecer um serviço mais personalizado e próximo ao cliente. Tal poderia ser alcançado através de formações focadas nas áreas do relacionamento com o cliente e melhoria da experiência de compra.

7.3. Crescente procura pelo serviço de entrega ao domicílio

Como já referido anteriormente, vivemos cada vez mais numa sociedade que valoriza o que é acessível e rápido, pelas pessoas trabalharem, por serem pais, e por terem falta de tempo (Robb e Coleman, 2014). Foi então que surgiram serviços como o drive-in, na McDonald's. Em 1993 surgiu também o serviço próprio da McDonald's de entregas ao domicílio - o McDelivery. Esta é uma forma otimizada de o cliente poder usufruir da sua refeição, da McDonald's, no conforto do seu lar.

Em Portugal, em parceria com a Uber Eats e a Glovo, sendo a primeira uma aplicação de entrega de comida a casa, e a segunda uma aplicação de entrega de vários produtos ao domicílio, o McDelivery encontra-se disponível desde 2017 (McDonald's em Portugal, 2020).

Sendo crescente a procura por este serviço e estando ele a estender-se cada vez mais pelo país, analisámos qual seria o impacto deste fenómeno na organização do trabalho dentro do restaurante. Como já referido anteriormente, a maior parte dos inquiridos considera que seria benéfico a criação de uma unidade separada de preparação de pedidos de

entrega ao domicílio, visto que sente que este tipo de serviços condiciona a rapidez e organização dos pedidos regulares no restaurante.

Face ao exposto e aos resultados do inquérito, propomos a seguinte solução: a criação de uma unidade de restauração, completamente separada dos restaurantes, dedicada apenas à preparação dos pedidos McDelivery. Desta maneira, os trabalhadores do restaurante na parte da confeção dos alimentos não teriam de estar preocupados relativamente à organização entre pedidos feitos no restaurante e pedidos externos ao restaurante. Isto faria com que provavelmente exercessem de melhor forma as suas funções e certamente faria diminuir os níveis de stress no trabalho. Para além disso, criar-se-iam novos postos de trabalho.

Outro ponto importante a realçar é a localização das unidades dedicadas à McDelivery. Perspetivamos que seria benéfico que as unidades se localizassem em pontos mais estratégicos da cidade, ou seja, locais de fácil acesso para os motoristas da Uber Eats e da Glovo, que não envolvessem a passagem por locais de muito trânsito e que facilitassem a sua deslocação desde o restaurante à casa do cliente.

7.4. Crescente exigência por parte dos consumidores relativamente à personalização dos produtos

Como já mencionado anteriormente, está evidenciada na sociedade uma grande mudança a nível de mentalidade, sendo que "many social scientists have predicted that one inevitable consequence of modernization is the unlimited growth of individualism, which poses serious threats to the organic unity of society." (Allik e Realo, 2004). A colocação das relações humanas em segundo plano não constitui um desafio atual para o McDonald's, uma vez que os clientes conseguem já ter acesso aos produtos e fazer o seu pedido sem estabelecer contacto humano, graças às máquinas.

Estamos também presentes numa sociedade que dá cada vez mais valor aos serviços que permitem ao indivíduo um grande leque de escolhas para que este consiga tornar a sua experiência de compra a mais original e indicada para si. "Given the latest surges in CD (customer demandingness) and customer expectations, businesses must find ways to deal with these changes at the customer level" (Itani, Jaramillo, Paesbrugghe, 2020). Para melhorar, o McDonald's poderá personalizar mais, retirando-se ou colocando-se ingredientes no produto. No entanto, caso o cliente necessite de retirar um ou mais ingredientes do hambúrguer não pagará menos por isso, enquanto que se desejar adicionar ingredientes terá custos adicionais. Neste seguimento, propomos a seguinte solução: a implementação de uma nova opção no menu já existente em que o consumidor tenha a liberdade completa de escolher os ingredientes que constituem o seu hambúrguer, desde o tipo de pão e carne, a todos os seus outros ingredientes. Seria criada uma nova secção, na qual estariam presentes todos os ingredientes disponíveis (pão regular, pão bigmac, pão royal, hambúrguer de frango, hambúrguer veggie, alface, tomate, queijo, bacon, cebola, molhos, etc.) e respetivos valores. Desta forma, o consumidor tem a oportunidade de construir o seu próprio produto, de acordo com as suas preferências. "Customers have become more used to technological innovations and require higher quality services. Greater customer experience can be achieved through digitalization of delivery and services in the restaurants." (Schramade, 2019). Tendo

isto em conta, a solução que propomos seria, portanto, implementada nas máquinas, melhorando e facilitando a experiência do consumidor. Este teria também mais tempo e uma maior liberdade de escolha, não se sentindo pressionado a tomar uma decisão.

8. Conclusão

É cada vez mais desafiante para as organizações acompanharem as alterações do contexto sociocultural no qual se inserem. Igualmente, a vida profissional dos trabalhadores do setor de restauração está em constante mudança e adaptação.

Ao longo deste artigo analisámos a literatura e os resultados dos inquéritos para propormos depois soluções para o futuro. Soluções essas envolvendo: 1) criar um espaço de entretenimento para as crianças que contrarie a tendência da sua sobre-exposição à tecnologia; 2) contrariar a substituição do trabalho humano pelas máquinas e a consequente desumanização dos serviços – valorizando-se a experiência de compra com trabalhadores formados para o efeito; 3) criar unidades dedicadas somente ao McDelivery, dada a crescente procura pelo serviço de entrega ao domicílio; e 4) responder à crescente exigência por parte dos consumidores relativamente à personalização dos seus produtos.

As nossas propostas, supramencionadas, iriam criar mais postos de trabalho: animadores para crianças assim como trabalhadores das unidades separadas dedicadas ao McDelivery (entrega ao domicílio). Por outro lado, a formação dos colaboradores nas áreas do relacionamento com o cliente iria melhorar da experiência de compra. Estas mudanças poderiam ocorrer num futuro próximo (2-3 anos).

Finalmente, com o teste do qui-quadrado não foram encontrados resultados estatisticamente significativos, em relação ao género dos respondentes. Tudo indica uma igualdade de género no que toca às perceções e aos comportamentos dos consumidores do McDonald's e em relação à tecnologia. Serão necessários, no entanto, mais estudos de forma a comprovar estes resultados exploratórios. Poderá então este estudo servir de base para estudos futuros mais aprofundados e com amostras maiores e mais representativas de uma dada população.

Agradecimentos

Queremos agradecer aos participantes nos inquéritos pelo seu tempo e disponibilidade. Adicionalmente, dado que uma versão anterior deste estudo ganhou o Prémio Impacto, no concurso anual da Academia GRACE 2020, queremos também agradecer ao júri do referido concurso e ao GRACE pela inspiração e motivação para estudar esta área da responsabilidade social corporativa, ligada neste caso à tecnologia.

Referências

Akcam, B.K. (2020). Improving order processes with information technology: McDonald's case. *Journal of Information Technology Teaching Cases, 10*(2), 102-107. https://doi.org/10.1177/2043886919885938

Akila, R., Revathi, S., Shreedevi, G. (2020). Opinion Mining on Food Services using Topic Modeling and Machine Learning Algorithms. 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2020, 9074428, pp. 1071-1076.

Allik, J., Realo A. (2004). Individualism-Collectivism and Social Capital. *Journal of Cross-Cultural Psychology, 35*(1), 29-49. Retrieved from: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0022022103260381

Anaf, J., Baum, F.E., Fisher, M., Harris, E., Friel, S. (2017). Assessing the health impact of transnational corporations: A case study on McDonald's Australia. *Globalization and Health, 13*(1),7. https://doi.org/10.1186/s12992-016-0230-4

Assathiany, R., Guery, E., Caron, F.M., Cheymol, J., Picherot, G., Foucaud, P., Gelbert, N. (2018). Children and screens: A survey by French pediatricians, *Archives de Pediatria, 25*(2), 84-88. DOI: https://doi.org/10.1016/j.arcped.2017.11.001

Au-Yong-Oliveira, M., Branco, F., Costa, C. (2019b). A evolução cultural graças à adoção da tecnologia e ao fenómeno "Mix-Tech" – Um estudo exploratório baseado na observação. *RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Nº E17, 01/2019, pp.854-869.

Au-Yong-Oliveira, M., Canastro, D., Oliveira, J., Tomás, J., Amorim, S., Moreira, F. (2019a). The Role of AI and Automation on the Future of Jobs and the Opportunity to Change Society. WorldCist'19, La Toja Island, Spain, 16-19 April, Á. Rocha et al. (Eds.), *New Knowledge in Information Systems and Technologies*, Advances in Intelligent Systems and Computing (Book of the AISC series), Vol. 932, pp. 348–357.

Au-Yong-Oliveira, M., Lopes, C., Soares, F., Pinheiro, G., Guimarães, P. (2020). What can we expect from the future? The impact of artificial intelligence on society. Proceedings of the 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp.1-6. 24 – 27 June 2020, Seville, Spain.

Bae, W.D., Alkobaisi, S., Kim, S.H., Narayanappa, S., Shahabi, C. (2009). Web data retrieval: Solving spatial range queries using k-nearest neighbor searches. *GeoInformatica, 13*(4), 483-514.

Bajan, B., Mrowczynska-Kaminska, A. (2020). Carbon footprint and environmental performance of agribusiness production in selected countries around the world. *Journal of Cleaner Production*, *276*, 1-10.

Bhat S.A., Kansana K., Tripathi A., Malik J. (2019). Understanding Self Service Technologies. In: *Management in practice: Challenges & Strategies*, Studium Press, USA, Chapter 10, 136-144. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/335684773_Understanding_Self_Service_Technologies

Bryman, A., Bell, E. (2015). *Business research methods*. 4th edition. Oxford: Oxford University Press.

Chi, O.H., Denton, G., Gursoy, D. (2020). Artificially intelligent device use in service delivery: a systematic review, synthesis, and research agenda. *Journal of Hospitality Marketing and Management*. DOI: https://doi.org/10.1080/19368623.2020.1721394

Costa, A.G., Soares, I.M., Pinto, B.F., Au-Yong-Oliveira, M., Szczygiel, N. (2018). Innovating in the fashion industry for a more sustainable production and consumption. Proceedings of the 13th European Conference on Innovation and Entrepreneurship, ECIE 2018, University of Aveiro, 20-21 September. Costa, C., Au-Yong-Oliveira, M., Amorim, M. (Editors), pp.285-292.

Deligio, T. (2006). McCormick Place goes Wi-Fi. *Modern Plastics Worldwide, 83*(5), 44.

Goetz, T.M., & Boehm, S.A. (2020). Am I outdated? The role of strengths use support and friendship opportunities for coping with technological insecurity. *Computers in Human Behavior*, *107*. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106265

Gordon, P.H., Meunier, S. (2004). *The French challenge: Adapting to globalization*, Brookings Institution Press, pp. 1-152.

Grace, D., Ross, M. & King, C. (2020). Brand fidelity: Scale development and validation, *Journal of Retailing and Consumer Services*, *52*, 1-12. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101908

Itani O.S., Jaramillo, F., Paesbrugghe B., (2020). Between a rock and a hard place: Seizing the opportunity of demanding customers by means of frontline service behaviours. *Journal of Retailing and Consumer Services, 53*, 17-29. Retrieved from: https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0969698919306113?token=54A5FFD3EA82D2FC9E

Kotler, P., Keller, K. L. (2012). *Administração de marketing* (Vol. 14). Pearson Education do Brasil.

Lim, G.N., Arumugam, P.V. (2019). Environmental Corporate Social Responsibility Management and Strategy to Reshaping Consumer Behaviour. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 268, International Conference on Sustainable Energy and Green Technology 2018, 11–14 December 2018, Kuala Lumpur, Malaysia.

McDonald's em Portugal (2020). [Institutional website]. Retrieved from: https://www.mcdonalds.pt/sobre-a-mcdonalds-portugal/historia-da-marca-em-portugal#

Moktadir, A., Rahman, T., Jabbour, C.J.C., Ali, S.M. & Kabir, G. (2018). Prioritization of drivers of corporate social responsibility in the footwear industry in an emerging economy: A fuzzy AHP approach. *Journal of Cleaner Production, 201*, 369-381. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.326

[No author name available] (2007). Productivity, one bite at a time. *Modern Materials Handling, 62*(4), April, 24-28.

[No author name available] (2007). Stop press. *Brand, 6*(8), 2-8.

Opait, G. (2019). The McDonald's Corporation, a "Star" in the "Galaxy of the Businesses". *Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati Fascicle I. Economics and Applied Informatics Years XXV – no.3*, 1-13. DOI: https://doi.org/10.35219/eai1584040972

Peralta-Alva, A., Roitman, A. (2018). Technology and The Future of Work. *IMF Working Paper*, pp.1-28. WP/18/207. Retrieved from: https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2018/09/28/Technology-and-the-Future-ofWork-46203

Robb, A., Coleman, S. (2014). Gender differences in innovation among US entrepreneurs. In: *Women's Entrepreneurship in the 21st Century: An International Multi-Level Research Analysis*, Edward Elgar Publishing Ltd, pp. 117-137.

Rosa, R. Caetano da, Au-Yong-Oliveira, M., Gonçalves, R., Branco, F. (2018). Um caso de estudo do setor farmacêutico em Portugal - A implementação de um sistema automatizado na Farmácia Giro para aumentar a competitividade. Proceedings of the 13th Iberian Conference on Information Systems and technologies (CISTI 2018), Cáceres, Spain, June, pp.1-6.

Sacchi, A., Giannini, E., Bochic, R., Reinhard, N., Lopes, A.B. (2009). Digital inclusion with the McInternet: Would you like fries with that? *Communications of the ACM, 52*(3), 113-116.

Saunders, M.N.K., Cooper, S.A. (1993). *Understanding business statistics – An active-learning approach*. Guernsey: The Guernsey Press.

Schramade, W. (2019). McDonald's: A Sustainable Finance Case study. Erasmus Platform for Sustainable Value Creation. September. Rotterdam School of Management, Erasmus University. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/336308912_Sustainable_Finance_Case_study_McDonald%27s#fullTextFileContent

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/10/2020
Aceitação/Acceptance: 22/12/2020

Arquitectura de Big Data para el análisis de Enfermedades relacionadas con la Contaminación del Aire

Ania Cravero[1], Sebastián González[2], Felipe Vasquez[3]

ania.cravero@ufrontera.cl; sgonzalez11@ufromail.cl; fvasquez07@ufromail.cl

[1,2,3] Universidad de La Frontera, Av. Francisco Salazar 01145, Temuco, Chile.

Pages: 548-559

Resumen: En Chile, Temuco es considerada una de las ciudades de América Latina con mayores niveles de contaminación atmosférica, lo que provoca un impacto en enfermedades respiratorias. Debido a que en Temuco no existe un sistema que integre, procese y analice información del comportamiento de las enfermedades debido a la contaminación del aire, es que se propone una arquitectura de Big Data que permite tal integración. Se utilizó herramientas de AWS para realizar una prueba de concepto. El sistema permitió priorizar enfermedades para la toma de decisiones.

Palabras-Clave: Big Data, Arquitectura, Contaminación del Aire, Enfermedades.

Big Data Architecture for the analysis of Diseases related to Air Pollution

Abstract: In Chile, Temuco is considered one of the cities in Latin America with the highest levels of air pollution, which causes an impact on respiratory diseases. Because in Temuco there is no system that integrates, processes and analyzes information on the behavior of diseases due to air pollution, a Big Data architecture is proposed that allows such integration. AWS tools were used to conduct a proof of concept. The system allowed prioritizing diseases for decision making.

Keywords: Big Data, Architecture, Air Pollution, Diseases.

1. Introducción

La contaminación del aire es parte de un peligro significativo para la salud en todo el mundo. Según la investigación existente, alrededor del 1,2% del total de muertes anuales mundiales están relacionadas con la contaminación del aire (Velez, F., Agrawal, 2016). Por otro lado, la mitad de esta cantidad proviene de países en desarrollo.

El estudio de los efectos sobre la salud humana causados por la contaminación del aire, es esencial para proporcionar información más detallada para evaluar el impacto en la

salud y el medio ambiente (OECD., 2014). Varios estudios se han centrado en los efectos en la salud humana, reflejando el daño de la contaminación del aire en general para la salud (Velez, F., Agrawal, 2016).

Como se indica en el Anuario 2014 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) [23], existe una necesidad urgente de reducir los niveles de contaminación del aire a nivel mundial. Se afirma que la mayoría de las ciudades donde se controla la contaminación del aire exterior no cumplen con las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para niveles aceptables de contaminantes. Las personas que viven en estas ciudades tienen un mayor riesgo de problemas de salud asociados con una serie de enfermedades (United Nations Environmental Programme., 2014). Como se indica en el informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) sobre el costo de la contaminación del aire, 3.7 millones de personas murieron en todo el mundo debido a la contaminación del aire exterior en 2012; un aumento adicional de los 3.4 millones de muertes en 2010. Directamente asociado con el impacto en la salud, el costo de la contaminación del aire exterior en los países de la OCDE, tanto muertes como enfermedades, fue de aproximadamente USD 1.7 billones en 2010 (OECD., 2014).

En Chile, la ciudad de Temuco es considerada una de las ciudades con mayores niveles de contaminación atmosférica de América Latina. Ha sido declarada “Zona Saturada”, junto a la vecina comunidad de Padre Las Casas, presentando altas concentraciones de PM10 respirable (Salinas, 2018). Esta situación podría explicar la generación de mayor toxicidad en la población expuesta en Temuco, porque las partículas más finas penetran más profundamente en el sistema respiratorio, llegando incluso al torrente sanguíneo y por ende al sistema cardiovascular y otros órganos, que podrían verse afectados por los HAP y otras toxinas del aire (Sanhueza et al., 2009). En (Cortés, Alejandra and Ridley, 2013) realizaron un estudio sobre los efectos de la contaminación del aire debido a la combustión por leña en la ciudad de Temuco. Los autores determinaron que existe un aumento de enfermedades cardiovasculares y muertes por problemas respiratorios.

Otro estudio demostró que la ciudad de Temuco se encuentra muy afectada por la contaminación del aire debido a la quema de leña residencial (Ossa et al., 2019). Los autores analizaron la asociación entre la exposición residencial a la quema de leña y los trastornos del embarazo. Determinaron que existe un impacto de la contaminación del aire en los resultados reproductivos.

Con respecto a las estaciones de monitoreo de la contaminación del aire, existe una tendencia emergente para la instalación de estaciones en varios países y ciudades en todo el mundo, proporcionando de esta manera el potencial para la adquisición de más datos en el futuro. Por ello, en varios países se están desarrollando dispositivos de monitoreo de bajo costo para medir los niveles de contaminación del aire y las exposiciones (Fotopoulou, Eleni and Zafeiropoulos, Anastasios and Papaspyros, Dimitris and Hasapis, Panagiotis and Tsiolis, George and Bouras, Thanassis and Mouzakitis, Spyros and Zanetti, 2015). Las aplicaciones para teléfonos inteligentes, por ejemplo, permiten a los usuarios verificar la calidad del aire y ver datos en tiempo real sobre la contaminación del aire exterior. En Temuco, a través del proyecto SmartAraucanía, se implementó la aplicación móvil “AIRE”, entregando información sobre la contaminación en tiempo real, en varios sectores de la ciudad.

Según (Chen, Xiaoyu and Shao, Shuai and Tian, Zhihua and Xie, Zhen and Yin, 2017), es difícil una evaluación precisa de los efectos de la contaminación del aire en la salud pública, ya que se requiere la introducción de tecnologías como las de Big Data, con el fin de obtener información más precisa. Ejemplo de ello, es el sistema de análisis de datos mediante el uso de técnicas de modelado estadístico y predictivo que se pueden aplicar para mejorar y respaldar la estrategia comercial de una organización (Wibowo, Merlinda and Sulaiman, Sarina and Shamsuddin, 2017). Los autores utilizaron un sistema de Big Data que incorpora datos abiertos del Gobierno de Malasia y Singapur para determinar la condición de los niveles de contaminación del aire para la salud y la seguridad de la población. Por otro lado, en (Fotopoulou, Eleni and Zafeiropoulos, Anastasios and Papaspyros, Dimitris and Hasapis, Panagiotis and Tsiolis, George and Bouras, Thanassis and Mouzakitis, Spyros and Zanetti, 2015), utilizaron Big Data en conjunto con Linken Data para vincular datos provenientes de distintas fuentes de datos públicas. Otro autores, lograron utilizar datos adicionales que son difíciles de obtener, como es el caso de los efectos indirectos provocados por la contaminación del aire (Chen, Xiaoyu and Shao, Shuai and Tian, Zhihua and Xie, Zhen and Yin, 2017), y la asociación de la contaminación atmosférica de partículas finas ambientales y la aspergilosis invasiva (Liu, Po-Yu and Tsan, Yu-Tse and Chan, Yu-Wei and Chan, Wei-Chen and Shi, Zhi-Yuan and Yang, Chao-Tung and Lou, 2018).

En este sentido Big Data, en conjunto con otras herramientas recientes, promete ser una tecnología de apoyo a la toma de decisiones para los Gobiernos que presentan problemas de contaminación en sus ciudades. El objetivo de este artículo es presentar una propuesta de "Arquitectura de Big Data para el análisis de las enfermedades debido a la contaminación del aire en Temuco", ya que aún no existe un sistema que permita integrar toda la información proveniente de los sistemas de monitoreo de contaminación y de las enfermedades recurrentes en los meses de invierno. El aporte principal de esta propuesta es entregar un listado de enfermedades priorizadas para la mejora en la toma de decisiones.

2. Conceptos Básicos

2.1. Big Data

Existen distintas definiciones aportadas por los estudios del tema de Big Data. Entre las cuales se tiene, una nueva generación de tecnologías y arquitecturas diseñadas para extraer económicamente el valor de volúmenes muy grandes de una amplia variedad de datos al permitir la captura de alta velocidad, el descubrimiento y/o análisis (Gantz & Reinsel, 2011). Una definición incluye las propiedades conocidas como las 5V: Volumen, Velocidad, Variedad, Valor y Veracidad (Demchenko et al., 2013). Explican que Big Data no es sólo una base de datos o un problema Hadoop, sino que es todo el conjunto de componentes, o arquitectura, para almacenar, procesar, visualizar y entregar resultados para orientar las aplicaciones (De Mauro et al., 2016). Según los mismos autores, este conjunto de componentes interrelacionados se puede definir como el Ecosistema Big Data que se ocupa de la evolución de los datos, los modelos e infraestructura de apoyo durante todo el ciclo de vida de Big Data (Demchenko et al., 2014). Otras definiciones de Big Data se pueden encontrar en (Ylijoki, 2016)(Mikalef et al., 2018).

De acuerdo a [11, el proceso de Big Data se inicia con la identificación de las fuentes desde donde se extraen los datos útiles (Santos et al., 2017). A continuación, los datos son almacenados en alguno de los modelos de datos diseñados, de acuerdo con si son datos estructurados o no. En el siguiente paso, los datos se clasifican y se filtran de acuerdo con el tipo de análisis que se desee realizar. Los datos clasificados son analizados utilizando herramientas adecuadas para ello; ejemplo de ello, son las de minería de datos (Sowmya & Suneetha, 2017), las de OLAP (Ordonez et al., 2017), y las de ciencias de datos en general (Song & Zhu, 2016). Los datos obtenidos deben ser presentados con alguna herramienta de visualización. Finalmente los datos son analizados por los responsables de tomar decisiones (Demchenko et al., 2014).

2.2. Enfermedades provocadas por Contaminación Ambiental

Gracias a el proceso de investigación que lleva a cabo la OMS desde hace algunos años se ha logrado determinar que la contaminación persistente en al aire puede provocar o empeorar el estado de la salud de la población en aproximadamente 48 enfermedades diferentes. La Tabla 1 presenta un resumen de estas (United Nations Environmental Programme., 2014).

Clasificación Enfermedad	Enfermedad
Accidentes cerebro-vasculares	Isquémico, Hemorrágico
Cáncer (pulmón)	Células pequeñas, Células no pequeñas
Neumopatías	Neumonía atípica o viral, Embolia pulmonar con infarto, Insuficiencia cardiaca congestiva, Enfermedad pulmonar intersticial, Carcinoma de células bronco alveolares, Disnea aguda, Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica
Cardiopatías	Anomalía de Ebstein Atresia tricúspide, Canal auriculoventricular (Canal AV), Coartación de la aorta, Comunicación interauricular (CIA), Comunicación interventricular (CIV), Drenaje venoso pulmonar anómalo, Ductus arterioso persistente, Enfermedad de Kawasaki, Estenosis aórtica, Estenosis pulmonar, Miocardiopatía dilatada, Miocardiopatía hipertrófica, Síndrome del ventrículo izquierdo hipoplásico, Tetralogía de Fallot, Transposición corregida de las grandes arterias, Transposición de las Grandes Arterias (TGA), Tronco arterial
Infecciones respiratorias	Apnea del sueño, Asbestosis, Asma, Bronquiectasias, Bronquitis, Derrame pleural, Edema Pulmonar, Embolia pulmonar, Enfisema, EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), Fibrosis pulmonar, Fibrosis pulmonar idiopática, Fibrosis Quística, Neumotórax, Sarcoidosis, Silicosis, Sinusitis, Tos ferina, Aumento de vegetaciones

Tabla 1 – Enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental.

Un caso concreto es el presentado en Malasia y Singapur, donde se investigó los problemas de contaminación debido a los incendios forestales. Encontraron que la neblina formada por el humo, y el cambio climático podría dañar la epidermis, afectar la reacción inmune y, al mezclar polen, puede aumentar la probabilidad de enfermedades alérgicas como asma, rinitis alérgica y conjuntivitis alérgica (Velez, F., Agrawal, 2016).

En (F.Laden, J.Schwartz, F.E.Speizer, 2006) se llevó a cabo un estudio que analizó la relación entre Materia Particulada (PM) y el cáncer de pulmón. Los resultados producidos sugirieron que los esfuerzos de políticas públicas adicionales que reducen la contaminación del aire con partículas finas probablemente tengan beneficios continuos para la salud pública. Otros estudios han realizado un experimento similar, pero con causas de muertes prematuras, en asma, enfermedades respiratorias crónicas, enfermedades cardiovasculares, cardiopatías isquémicas, enfermedades cerebrovasculares, diabetes, tráquea, bronquios y cáncer de pulmón, cerebro y cáncer del sistema nervioso.

3. Trabajos Relacionados

Con el fin encontrar trabajos relacionados con este tema, se llevó a cabo una Búsqueda Sistemática de Estudios, utilizando la metodología de Mapeo Sistemático (Petersen et al., 2008), que permite buscar, filtrar y clasificar un conjunto de artículos científicos de acuerdo a conceptos claves previamente diseñados. Se encontraron 5 estudios que utilizan Big Data para realizar distintos análisis de los datos de enfermedades provocados por la contaminación ambiental, los cuales son (Wibowo, Merlinda and Sulaiman, Sarina and Shamsuddin, 2017), (Fotopoulou, Eleni and Zafeiropoulos, Anastasios and Papaspyros, Dimitris and Hasapis, Panagiotis and Tsiolis, George and Bouras, Thanassis and Mouzakitis, Spyros and Zanetti, 2015), (Chen, Xiaoyu and Shao, Shuai and Tian, Zhihua and Xie, Zhen and Yin, 2017), (Liu, Po-Yu and Tsan, Yu-Tse and Chan, Yu-Wei and Chan, Wei-Chen and Shi, Zhi-Yuan and Yang, Chao-Tung and Lou, 2018) y (Yang, Chao-Tung and Chen, Cai-Jin and Tsan, Yu-Tse and Liu, Po-Yu and Chan, Yu-Wei and Chan, 2019).

En (Wibowo, Merlinda and Sulaiman, Sarina and Shamsuddin, 2017) llevó a cabo una investigación en la que utilizaron dos conjuntos de datos almacenados en un Data Lake, con 24574 datos provenientes de los Datos Abiertos del Gobierno de Malasia sobre el Índice de Contaminación del Aire (API), y 23760 datos del Índice Estándar de Contaminantes del Gobierno de Singapur (PSI) entre los años 2014 hasta 2015. El volumen de datos inicial se redujo debido a que existen muchos datos que ciertamente no son relevantes. Encontraron 10427 que debieron ser ignorados y clasificarlos como instancias desconocidas. Esta investigación se realiza utilizando un método de predicción de computación flexible, Rough Set. Rough Set consiste en preparación de datos, discretización, cálculo reducido, reglas de generación y clasificación. El sistema resultante envía advertencias sobre el estado de la calidad del aire medida que no es apropiada para la población.

En (Fotopoulou, Eleni and Zafeiropoulos, Anastasios and Papaspyros, Dimitris and Hasapis, Panagiotis and Tsiolis, George and Bouras, Thanassis and Mouzakitis, Spyros and Zanetti, 2015), crean un enfoque que se basa en la explotación de los principios de datos vinculados, mejorando la capacidad de gestión y procesamiento de datos, en una forma novedosa. En la propuesta examinan el impacto en la salud provocada por la contaminación del aire en áreas urbanas desde una perspectiva internacional, nacional y regional.

En (Chen, Xiaoyu and Shao, Shuai and Tian, Zhihua and Xie, Zhen and Yin, 2017), logran crear una gran base de datos para un sistema de Big Data, como nunca antes lograda, en

la que se almacena información de las enfermedades causadas por la contaminación y los efectos secundarios que produce. Tomaron datos de 116 ciudades de China. Lograron demostrar la correlación entre las enfermedades analizadas y la contaminación del aire. Por otro lado, realizaron una predicción de lo que ocurrirá en el futuro. Los autores realizan un llamado a las autoridades para tomar conciencia sobre este tipo de problema.

Un caso interesante es el presentado por (Liu, Po-Yu and Tsan, Yu-Tse and Chan, Yu-Wei and Chan, Wei-Chen and Shi, Zhi-Yuan and Yang, Chao-Tung and Lou, 2018), al explorar la asociación a nivel de la población entre la contaminación atmosférica PM2.5 de partículas finas ambientales y la aspergilosis invasiva. La evidencia adicional demostró que la aplicación de filtración de aire particulado de alta eficiencia (HEPA) reduce el riesgo de aspergilosis invasiva.

A pesar de la alta tasa de mortalidad de la aspergilosis invasiva (58%), no existía un estudio ecológico a gran escala y la asociación entre la contaminación del aire en partículas finas y la aspergilosis sigue siendo desconocida. Los autores investigaron la relación entre la contaminación del aire PM2.5 de partículas finas ambientales y la infección por Aspergillus a nivel poblacional. Para lograr este propósito, construyeron un innovador sistema de Big Data basado en la nube.

Finalmente, en (Yang, Chao-Tung and Chen, Cai-Jin and Tsan, Yu-Tse and Liu, Po-Yu and Chan, Yu-Wei and Chan, 2019), utilizaron los datos de calidad del aire y los datos de enfermedades similares a la influenza para analizar en conjunto y así determinar sus asociaciones de manera precisa y efectiva. Los autores implementaron una nueva plataforma integrada mediante la construcción de un entorno de clúster basado en Hadoop, Spark y un entorno de visualización con ELK Stack, así como un sistema de almacenamiento de respaldo basado en la arquitectura de almacenamiento de objetos Ceph. En este trabajo, los datos en tiempo real de la contaminación del aire y las enfermedades similares a la gripe se obtuvieron de los sitios web de datos abiertos proporcionados por la administración de protección ambiental y el portal de datos abiertos de los CDC de Taiwán, respectivamente.

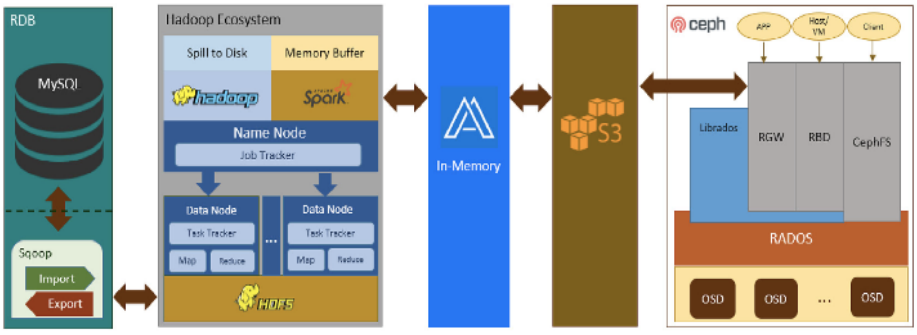


Figura 1 – Arquitectura del sistema de Big Data propuesto por (Yang, Chao-Tung and Chen, Cai-Jin and Tsan, Yu-Tse and Liu, Po-Yu and Chan, Yu-Wei and Chan, 2019).

4. Propuesta de Arquitectura de Big Data para el análisis de enfermedades provocadas por la contaminación del aire

La propuesta está basada en la integración de dos conjuntos de datos disponibles en servidores públicos. A nivel nacional el Ministerio de salud de Chile (MINSAL) es el encargado de entregar, a través del Departamento de estadísticas e información de salud (DEIS), los egresos hospitalarios a nivel nacional. Esta información se encuentra disponible en el sitio web de la entidad antes mencionada en formato ".rar" el cual contiene una hoja de cálculo con la información de los egresos hospitalarios, y el registro del establecimiento que otorgó la atención, el código de la entidad de servicio de salud que se registra, sexo del paciente, edad del mismo, previsión con la que cuenta, código de beneficiario del Fondo nacional de salud de Chile (FONASA), código de modalidad atención FONASA, comuna, fecha de egreso, diagnostico principal y secundario, entre otros. Además de una ficha de datos abiertos de los egresos la cual da cuenta del glosario utilizado, y los códigos de diagnósticos, comunas, entre otros.

Por otro lado, los datos referentes a la calidad del aire en Chile, es entregada por el Sistema de información nacional de calidad del aire (SINCA). Esta información se encuentra disponible en su sitio web, la cual mantiene un registro histórico de los parámetros medidos de forma diaria, por región y comuna. Estando pública para su descarga en formato de hoja de cálculo y se dan a conocer los parámetros por fecha, hora, registros válidos, preliminares y no válidos.

Los datos extraídos representan aproximadamente 15.000.000 de registros, por lo que se decidió alojar la información y las herramientas de administración en servidores remotos de Amazon Web Services.

Para los datos faltantes, se decidió reconstruir la base de datos comparando cinco enfoques: imputación media, imputación media condicional, imputación K-vecino más cercano, imputación múltiple e imputación de análisis de componentes principales bayesianos. Como base para los métodos de imputación, se ajustaron modelos de regresión lineal para PM2.5 contra otras variables meteorológicas y de calidad del aire (Quinteros et al., 2019).

Para el diseño de la arquitectura se consideraron los siguientes bloques o componentes: fuentes de datos, preprocesamiento, sistema de Big Data e Interfaces de usuario. Las funcionalidades de cada bloque:

Fuentes de datos: La arquitectura consta de un primer bloque donde se define el acceso a las distintas fuentes de datos. Estas pueden provenir de orígenes diversos: aplicaciones web o portales de datos públicos como Aire Chile (plataforma administrada por el Ministerio del medio ambiente). Archivos en diferentes formatos como planillas electrónicas obtenidas desde el DEIS y el SINCA, sensores utilizados en el proyecto SamrtAraucanía (Díaz & Ancán, 2020), y bases de datos públicas.

Preprocesamiento: Este bloque considera el análisis de los datos provenientes de los distintos repositorios, y en este se implementan distintas tareas de preprocesamiento para transformarlos, en caso de que sea necesario. El propósito final es poder dejar los datos listos para ser insertados en el almacén de datos.

Sistema Big Data: Este módulo fue definido por un conjunto de componentes necesarios para la implementación y gestión del sistema. La interacción entre todos ellos garantiza las posibles respuestas a las solicitudes realizadas por los usuarios y el propio sistema.

Configuración: Permite configurar las distintas opciones generales del sistema permitiendo el óptimo funcionamiento de todos sus componentes.

Big Data Computing: Establece las acciones a realizar sobre los grandes volúmenes de datos almacenados, para que puedan ser procesados.

Interfaces de Usuarios: Este es el nivel externo de la arquitectura, donde se implementa la interacción con los usuarios finales y se extrae la información para construir las consultas a los datos.

La figura 2 representa un esquema de la arquitectura de Big Data propuesta. Este esquema será implementado utilizando la plataforma de AWS.

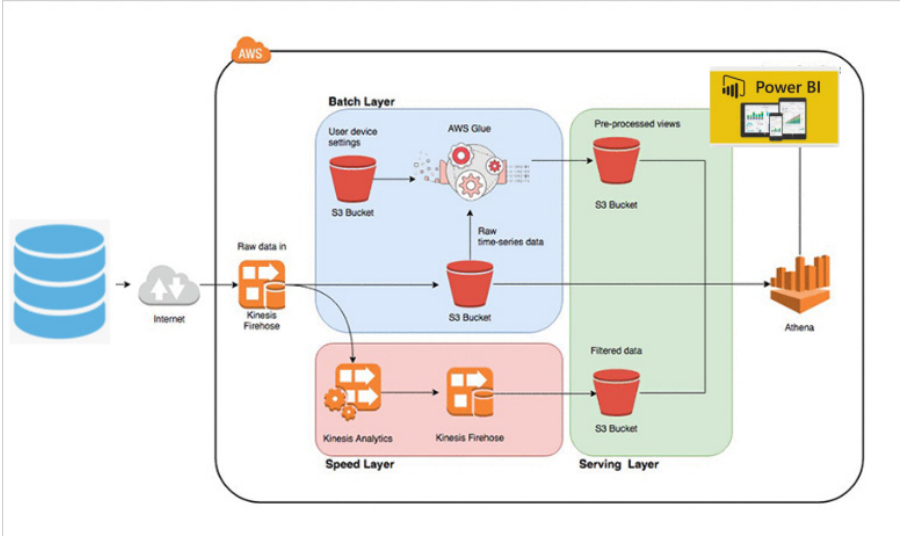


Figura 2 – Arquitectura de Big Data propuesta

Considerando lo anterior se determinó utilizar un entorno de almacenamiento compatible con datos estructurados, se resolvió para este caso utilizar Amazon Simple Storage Service (Amazon S3). Antes de llevar a cabo la carga de los documentos utilizados, fue necesario generar cuatro bucket's de almacenamiento. El primero de estos fue utilizado para contener los documentos originales, el segundo los datos transformados a un formato de almacenamiento editable, el tercero los datos limpios consumibles por los posibles usuarios finales y el cuarto fue destinado a contener los scripts necesarios, así como archivos temporales generados por los servicios utilizados.

Debido a que el formato original de los datos corresponde a un documento con extensión csv, fue necesario llevar a cabo una transformación del formato de estos para gestionarlos. La implementación de las tareas de transformación se creó utilizando el servicio de AWS Glue. Una vez dentro del servicio de AWS Glue, el primer paso fue generar una base de datos para cada conjunto de tablas. En este caso se crearon cuatro, una dedicada a contener las tablas de los datos correspondientes a registros de egresos hospitalarios y las otras tres para contener los datos de registros de niveles de contaminación para monóxido de carbono, PM2.5 y PM10. Luego de esto se programaron cuatro rastreadores para cada caso a fin de generar las tablas correspondientes a cada documento contenido en el bucket original. Los rastreadores permiten identificar el formato de un objeto almacenado en S3, generando una tabla con el contenida de esta.

La limpieza de datos se llevó a cabo utilizando la herramienta Amazon Athena que se integró de manera simple a AWS Glue. Se identificó automáticamente las bases de datos de AWS Glue y las tablas que estas contenían en cada caso. Se llevó a cabo consultas SQL para comprobar la integridad de los datos transformados.

En cuanto a la visualización de los datos del sistema de Big Data, se llevó a cabo en Power BI, permitiendo la configuración de una serie de gráficos y esquemas con el análisis del comportamiento de las enfermedades.

El sistema de Big Data permitió determinar un conjunto de enfermedades que tienen relación con la contaminación en Temuco. Algunas de estas son Asma, Bronquitis, Influenza, entre otras de menor impacto.

5. Conclusiones

El trabajo presenta una propuesta de Arquitectura de Big Data para el análisis de datos de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire. Para el diseño de la arquitectura se llevó a cabo un proceso de selección de estudios a través de una búsqueda sistemática. Se encontraron solo 5 estudios, entre los años 2011 a 2019, que consideran distintos problemas de enfermedades relacionados con la contaminación del aire. Los problemas descritos se deben a MP provocado por incendios forestales, MP proveniente de la Industria y MP que existe en el aire acondicionado.

La propuesta de arquitectura fue implementada utilizando los servicios Cloud de Amazon Web Services, permitiendo la transformación de más de 15 millones de registros provenientes de dos fuentes de datos principales, MINSAL y SINCA.

El sistema de Big Data permitió a los tomadores de decisión, visualizar los datos de contaminación vs las enfermedades más recurrentes en los meses de invierno. Se encontró un conjunto de enfermedades que deben ser atendidas con mayor prioridad. En el futuro permitirá apoyar la generación de nuevas políticas públicas con respecto a la contaminación debido a las estufas a leña, ya que son la principal causa de enfermedades como el Asma, Bronquitis y la Influenza en un porcentaje importante de la población.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de la Frontera, Proyecto DI21-0014.

References

Chen, Xiaoyu and Shao, Shuai and Tian, Zhihua and Xie, Zhen and Yin, P. (2017). Impacts of air pollution and its spatial spillover effect on public health based on China's big data sample. Elsevier. Journal of Cleaner Production, 142, 915--925.

Cortés, Alejandra and Ridley, I. (2013). Efectos de la combustión a leña en la calidad del aire intradomiciliario: La ciudad de Temuco como caso de estudio. Revista Invi. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo., 28(78), 257--271.

De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2016). A formal definition of Big Data based on its essential features. Library Review. Emerald Group Publishing Limited, 65(3), 122--135.

Demchenko, Y., De-Laat, C., & Membrey, P. (2014). Defining architecture components of the big data ecosystem. International Conference Collaboration Technologies and Systems (CTS), 104--112.

Demchenko, Y., Membrey, P., Grosso, P., & De-Laat, C. (2013). Addressing Big Data Issues in Scientific Data Infrastructure. First International Symposium on Big Data and Data Analytics in Collaboration (BDDAC). Part of The 2013 Int. Conf. on Collaboration Technologies and Systems (CTS 2013). San Diego, California, USA.

Díaz, J., & Ancán, O. (2020). An Agile Product Design in a Smart City Context: A Use Case for Air Pollution Awareness. International Conference on Human-Computer Interaction. Springer.

F.Laden, J.Schwartz, F.E.Speizer, A. D. W. D. (2006). Reduction infine particulate air pollution and mortality: Extended follow-up of the Harvard six cities study. Amer. J. Respiratory Critical Care Med., 173(6), 667–672.

Fotopoulou, Eleni and Zafeiropoulos, Anastasios and Papaspyros, Dimitris and Hasapis, Panagiotis and Tsiolis, George and Bouras, Thanassis and Mouzakitis, Spyros and Zanetti, N. (2015). Linked data analytics in interdisciplinary studies: The health impact of air pollution in urban areas. IEEE Access, 4, 149--164.

Gantz, J., & Reinsel, D. (2011). Extracting Value from Chaos, IDC IVIEW,. Http://Www. Emc.Com/Collateral/Analystreports/ Idc-Extracting-Value-from-Chaos-Ar.Pdf.

Liu, Po-Yu and Tsan, Yu-Tse and Chan, Yu-Wei and Chan, Wei-Chen and Shi, Zhi-Yuan and Yang, Chao-Tung and Lou, B.-S. (2018). Associations of PM2.5 and aspergillosis: ambient fine particulate air pollution and population-based big data linkage analyses. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing. Springer., 1--11.

Mikalef, P., Pappas, I., Krogstie, J., & Giannakos, M. (2018). Big data analytics capabilities: a systematic literature review and research agenda. Information Systems and E-Business Management, 16, 547--578.

OECD. (2014). The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport. OECD Publishing, Paris, France.

Ordonez, C., Garcia-Alvarado, C., & Song, I.-Y. (2017). Special issue on DOLAP 2015: Evolving data warehousing and OLAP cubes to big data analytics. Inf. Syst., 68, 1--2.

Ossa, X., Blazquez, C., Rosas, F., Cardenas, J., Bartington, S., Delgado, J., Harrison, R., & Ruiz, P. (2019). Effect of residential wood-burning air pollution on pre-eclampsia in Temuco, Chile: a retrospective cohort study. Environmental Epidemiology, 3, 320.

Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. EASE'08 Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. British Computer Society Swinton, 68–77.

Quinteros, M. E., Lu, S., Blazquez, C., Cárdenas-R, J. P., Ossa, X., Delgado-Saborit, J.-M., Harrison, R., & Ruiz-Rudolph, P. (2019). Use of data imputation tools to reconstruct incomplete air quality datasets: A case-study in Temuco, Chile. Elsevier. Atmospheric Environment, 200, 40--49.

Salinas, P. (2018). Effects on the Female Reproductive System of Air Pollution Produced by the Use of Wood Combustion for Residential Heating: Challenges and Perspectives of Morphological Studies. International Journal of Morphology, 36(2).

Sanhueza, P., Torreblanca, M., Diaz-Robles, L., Schiappacasse, N., Silva, M., & Astete, T. (2009). Particulate air pollution and health effects for cardiovascular and respiratory causes in Temuco, Chile: a wood-smoke-polluted urban area. Journal of the Air \& Waste Management Association. Taylor \& Francis, 59(12), 1481--1488.

Santos, M., e Sá, J., Costa, C., Galváo, J., Andrade, C., Martinho, B., Lima, F., & Costa, E. (2017). A big data analytics architecture for industry 4.0. World Conference on Information Systems and Technologies. Springer, 175--184.

Song, I.-Y., & Zhu, Y. (2016). Big data and data science: what should we teach? Expert Systems. Wiley Online Library, 33(4), 364--373.

Sowmya, R., & Suneetha, K. (2017). Data mining with big data. 2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO). IEEE, 246--250.

United Nations Environmental Programme. (2014). UNEP Year Book 2014 Emerging Issues Update—Air Pollution. World's Worst Environmental Health Risk.

Velez, F., Agrawal, S. (2016). Data lakes: Discovering, Governing and Transforming Raw Data into Strategic Data Assets. Persistent System.

Wibowo, Merlinda and Sulaiman, Sarina and Shamsuddin, S. M. (2017). Machine Learning in Data Lake for Combining Data Silos. International Conference on Data Mining and Big Data. Springer, 294--306.

Yang, Chao-Tung and Chen, Cai-Jin and Tsan, Yu-Tse and Liu, Po-Yu and Chan, Yu-Wei and Chan, W.-C. (2019). An implementation of real-time air quality and influenza-like illness data T storage and processing platform. Computers in Human Behavior. Elsevier., 100, 266--274.

Ylijoki, P. (2016). Perspectives to Definition of Big Data: A Mapping Study and Discussion. Ournal of Innovation Management JIM, 4.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 29/10/2020
Aceitação/Acceptance: 13/12/2020

Data Lake para la Dirección de Análisis Universitaria: Arquitectura y Metadata

Ania Cravero[1], Ingrid Lefiguala[2], Rodrigo Tralma[1], Sebastián Gonzalez[1]

Ania.cravero@ufrontera.cl; ilefiguala@uct.cl; r.tralma02@ufromail.cl; s.gonzalez11@ufromail.cl

[1] Universidad de La Frontera, Av. Francisco Salazar 01145, Temuco, Chile.

[2] Universidad Católica de Temuco, Manuel Montt 056, Temuco, Chile.

Pages: 560-569

Resumen: El artículo presenta el diseño de un Data Lake para la Dirección de Análisis Universitaria. El Data Lake consiste en un sistema de almacenamiento para la gestión y análisis de datos acordes a los objetivos de la Institución. La arquitectura utiliza 3 zonas para almacenar datos: la primera zona, almacena los datos en crudo; la segunda, almacena los datos procesados, que provienen de la primera zona; y la tercera es la zona de oro, que dispone de datos que pueden ser analizados y utilizados por los científicos de datos y tomadores de decisiones. En el trabajo se describe los elementos de la arquitectura y el diseño de la metadata a través de ontologías.

Palabras-clave: Metadata, Arquitectura, Data Lake, Ontología.

Data Lake for the University Analysis Directorate: Architecture and Metadata

Abstract: The paper presents the design of a Data Lake for the Directorate of University Analysis. The Data Lake consists of a storage system for the management and analysis of data according to the objectives of the Institution. The architecture uses 3 zones to store data: the first zone, stores the raw data; the second, stores the processed data, which comes from the first zone; and the third is the gold zone, which has data that can be analyzed and used by data scientists and decision makers. The paper describes the elements of the architecture and design of the metadata through ontologies.

Keywords: Metadata, Architecture, Data Lake, Ontology.

1. Introducción

A través de la transformación digital y la influencia de Internet de las cosas, los sistemas de apoyo a la toma de decisiones están cobrando cada vez más importancia a medida que los modelos predictivos y el Big Data se convierten en diferenciadores competitivos

clave de todas las organizaciones (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020)(Madera & Laurent, 2016). Por otro lado, si bien los grandes datos representan una tremenda oportunidad para diversas organizaciones, estos suelen venir en volumen, velocidad, en fuentes y estructuras heterogéneas que exceden las capacidades de los sistemas de gestión tradicionales para su recolección, almacenamiento y procesamiento en un tiempo razonable (Hegde, S. D., & Ravinarayana, 2016).

En este contexto, los Data Warehouse se han considerado durante mucho tiempo como la única solución para entregar información precisa y confiable a una organización (Madera & Laurent, 2016). Sin embargo, si bien los Data Warehouse siguen siendo relevantes y muy potentes para los datos estructurados, los datos semiestructurados y no estructurados provocan grandes desafíos (Kozmina et al., 2018), debido a que la mayoría de los grandes datos no son estructurados.

Para resolver este tipo de problema, se generó un nuevo sistema de almacenamiento, gestión y análisis de datos que puede manejar cualquier formato de datos. Un Data Lake, es un gran sistema de almacenamiento de datos sin procesar y heterogéneos, alimentado por múltiples fuentes de datos, y que permite a los usuarios explorar, extraer y analizar los datos (Khine, Pwint Phyu and Wang, 2018).

Hasta ahora, existen algunas propuestas para diseñar arquitecturas de Data Lake, en las que se consideran varias zonas para almacenar, de manera diferenciada, los datos que requiere una organización (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020). Ejemplo de ello, es la arquitectura propuesta por (Ravat, F., & Zhao, 2019), en la que se utiliza una zona de almacenamiento de datos en crudo, una zona de datos procesados y una zona de acceso a los datos que tienen valor para la toma de decisiones. Es importante el uso de modelos de metadatos para las distintas zonas, para una correcta gestión y trazabilidad de todos los datos almacenados. La gestión de metadatos es un tema primordial, para evitar convertir un Data Lake en un llamado “pantano de datos” inoperable (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020).

Este trabajo presenta una propuesta de arquitectura de Data Lake y modelo de gestión de Metadata para la Dirección de Análisis Universitaria de una Universidad Regional en Chile. Data Lake se presenta como una solución al volumen de datos heterogéneos que dispone la unidad, y que es complejo de procesar para la toma de decisiones de las autoridades Universitarias.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. La sección 2, describe el estado del arte de Data Lake, su arquitectura y la administración de Metadatos. La sección 3, describe el problema de datos en la Dirección de Análisis, y la propuesta de arquitectura de Data Lake. Por otro lado, en la sección IV se describen los modelos de Metadados utilizados. Finalmente, las conclusiones se detallan en la sección V.

2. Estado del Arte

En esta sección se describe las características principales de Data Lake, a partir de las definiciones mas reconocidas. Por otro lado, se explica los tipos de arquitecturas que ha sido diseñadas hasta ahora. Finalmente, se describe la importancia de la administración de Metadatos, y se explica la clasificación de acuerdo con el tipo de dato almacenado.

2.1. Data Lake

Existen distintas definiciones aportadas por los estudios del tema de Data Lake. En (Khine, Pwint Phyu and Wang, 2018) se define como "un gran sistema de almacenamiento de datos sin procesar y heterogéneos, alimentado por múltiples fuentes de datos, y que permite a los usuarios explorar, extraer y analizar los datos". Esta definición se complementa con un conjunto de características que un Data Lake debe incluir: (1) la calidad de los datos es proporcionada por un conjunto de metadatos; (2) el Data Lake está controlado por herramientas de política de gobernanza de datos; (3) el uso del Data Lake está limitado a estadísticos y científicos de datos; (4) el Data Lake integra datos de todos los tipos y formatos; (5) el Data Lake tiene una organización lógica y física.

Una definición más reciente de Data Lake es "sistema de almacenamiento y análisis escalable para datos de cualquier tipo, retenido en su formato nativo y utilizado principalmente por especialistas en datos (estadísticos, científicos de datos o analistas) para la extracción de conocimiento" (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020). Sus características incluyen: (1) un catálogo de metadatos que refuerza la calidad de los datos; (2) políticas y herramientas de gobernanza de datos; (3) accesibilidad a varios tipos de usuarios; (4) integración de cualquier tipo de datos; (5) una organización lógica y física; (6) escalabilidad en términos de almacenamiento y procesamiento.

2.2. Arquitecturas de Data Lake

En (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020), describen las arquitecturas diseñadas para Data Lake de acuerdo a la forma como se definen los componentes, que puede ser: arquitecturas funcionales, arquitecturas basadas en la madurez de datos y arquitecturas híbridas.

De acuerdo con los autores, las arquitecturas funcionales tienen la ventaja de resaltar claramente las funciones a implementar para un Data Lake dado, lo que ayuda a combinar fácilmente con las tecnologías que se requieren. Por el contrario, las arquitecturas basadas en la madurez de los datos son útiles para planificar y organizar el ciclo de vida de los datos (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020). El enfoque híbrido combina los dos tipos de arquitecturas, por lo que poseen mayores ventajas para su implementación. La figura 1 presenta un resumen de los autores de arquitecturas de acuerdo con esta clasificación.

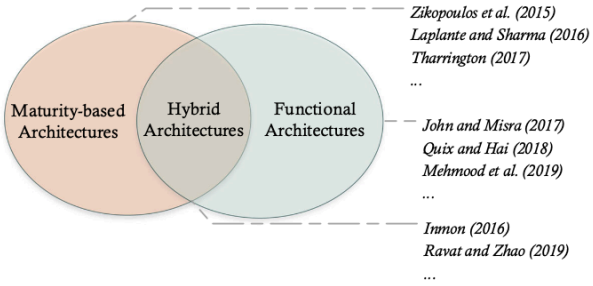


Figura 1 – Clasificación de arquitecturas de Data Lake de acuerdo con (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020).

Nos interesa la arquitectura propuesta por (Ravat, F., & Zhao, 2019) ya que es una arquitectura híbrida, en donde los componentes identificados dependen tanto de las funciones del Data Lake como del refinamiento de los datos. La figura 2 presenta un esquema de la arquitectura general.



Figura 2 – Arquitectura Híbrida propuesta por Ravat and Zhao's (Ravat, F., & Zhao, 2019).

La arquitectura utiliza 3 zonas para almacenar datos. La primera zona, almacena los datos en crudo. Por otro lado, la segunda zona, almacena los datos procesados, que provienen de la primera zona. Por última, la zona de acceso, es la tercera zona, y dispone de datos que pueden ser analizados y utilizados por los científicos de datos y tomadores de decisiones del negocio (Wibowo, Merlinda and Sulaiman, Sarina and Shamsuddin, 2017).

2.3. Administración de los Metadatos en Data Lake

Debido a que los datos almacenados en la primera zona del Data Lake (ver Fig.2.) no disponen de un modelo formal, como es el caso de las bases de datos relacionales, la gestión de metadatos desempeña un papel esencial. Según (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020), los metadatos pueden ser clasificados de acuerdo a los datos del negocio (toma de decisiones), de acuerdo a los datos operacionales, o de acuerdo a los datos técnicos. La figura 3 presenta un resumen de la clasificación.

En nuestra propuesta de arquitectura consideramos esta clasificación, ya que los datos que se almacenarán en la primera zona, son datos operacionales. Por otro lado, en la segunda zona, se almacenarán datos técnicos que provienen de los archivos almacenados en la primera zona. Por último, en la tercera zona, se almacenarán los datos del negocio, que son los indicadores de gestión que requieren los tomadores de decisión.

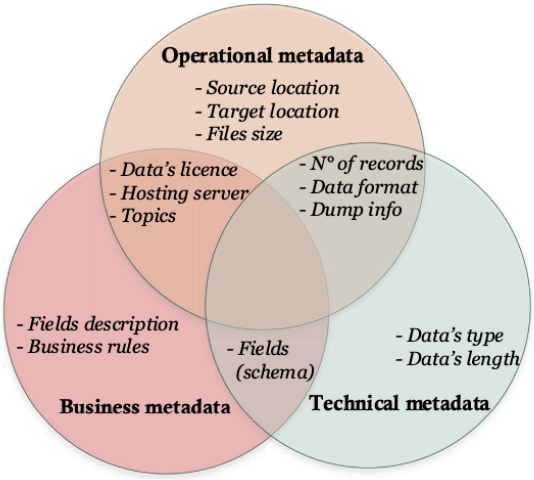


Figura 3 – Clasificación de metadatos de acuerdo con Sawadogo (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020).

3. Arquitectura de Data Lake para la Unidad de análisis Universitaria

En esta sección se describe el problema de datos de la Dirección de análisis que será resuelta a través de un Data Lake. Luego se explica la arquitectura propuesta y la implementación del sistema.

3.1. Problema de Datos en la Dirección de Análisis

La Universidad cuenta con las áreas de docencia de pregrado, gestión institucional, investigación y vinculación con el medio, con una comunidad estudiantil de más de 11 mil estudiantes de pregrado al año 2019.

En el área de gestión institucional se encuentra la 'Dirección de Análisis Universitaria, unidad perteneciente a la Rectoría, responsable de evaluar, monitorear y reportar el avance institucional hacia el cumplimiento de sus objetivos; de la generación, análisis y distribución de la información para el fortalecimiento de la toma de decisiones; de la evaluación institucional para el mejoramiento continuo y el aseguramiento de estándares de acreditación institucional y de sus programas; y, de la planificación estratégica y el control de la marcha institucional en la implementación de sus objetivos y planes de mejoramiento. Esta dirección cuenta con 3 subdirecciones, (1) Dirección de Planificación y Análisis Institucional, (2) Dirección de Evaluación y Aseguramiento de la Calidad, (3) Dirección de Gestión de Información (DGI), que es la subdirección donde se desarrolla este trabajo.

La DGI tiene como función principal disponer y administrar la información para todos los procesos externos e internos de la Universidad que lo requieran, asegurando su calidad y oportunidad en la entrega. Sus principales funciones son:

- Proporcionar información requerida por los usuarios internos de la universidad asociada a los procesos de planificación, acreditación, elaboración de proyectos, estudios, entre otros.
- Sistematizar, procesar, validar y elaborar la información institucional destinada a usuarios externos.
- Actualizar y reportar las estadísticas e indicadores relacionados a la gestión académica de la universidad como aprobación, retención, titulación, estudiantes de pueblos originarios, postulaciones efectivas, procedencia, puntajes, vacantes, aranceles, recursos e infraestructura, avance de tareas directivas, etc.
- Crear y desarrollar sistemas de información para la gestión de datos estratégicos.
- Proveer de herramientas informáticas a las distintas áreas de Dirección de Análisis Institucional.
- Generar propuestas de mejoramiento de aquellos procesos y sistemas de información que proporcionan datos relevantes para la creación de indicadores y reportes institucionales.

La DGI, recolecta datos de diversas fuentes, los cuales se almacenan en un repositorio interno, actualmente se identifican los siguientes tipos de datos:

- Datos extraídos desde bases de datos (SQL, MySql, Acces, ect.)
- Formularios google
- Encuestas, en diferentes formatos
- Imágenes
- Documentos Excel, pdf, csv, ect.
- Videos
- Audios

La problemática que se presenta actualmente es que muchos de estos datos, no están entregando valor a la dirección, y, por lo tanto, tampoco entregan algún valor a las direcciones que necesitan el resultado del análisis de estos. Los motivos por lo cual ocurre esta situación son:

- Los datos no están siendo procesados.
- Muchos de estos datos quedan en el olvido.
- Se pierde el origen y objetivo de los datos.

La relevancia de crear un Data Lake para la DGI, involucra múltiples ventajas, entre las cuales se tiene: (1) permitir mejorar el sistema de almacenamiento utilizado actualmente, logrando almacenar información desde su origen, (2) guardar la metadata de todos los datos que ingresan al sistema de almacenamiento, en cualquiera de las fases en las que se encuentre la información (no procesada, semiprocesada y procesada). Lo que permite obtener la trazabilidad de un dato, su origen y objetivo, (3) se definen distintos tipos de usuarios, con acceso a los datos y su estado, dependiendo del nivel de acceso que se le dé, y (4) permite disponer de indicadores de gestión de una manera más eficiente.

A continuación se describe la propuesta de arquitectura de Data Lake para la DGI.

3.2. Arquitectura Propuesta

La figura 4 representa la arquitectura de Data Lake que se ha propuesto para almacenar los datos que requiere procesar la DGI. La propuesta está basada en la arquitectura diseñar por Ravat and Zhao's (Ravat, F., & Zhao, 2019), en la que se utiliza 3 zonas de almacenamiento de datos. Las tecnologías seleccionadas son las provistas por Amazon Web Service (AWS) [1] ya que se dispone de una cuenta educativa para las pruebas. En cuanto a la administración de la metadata, se utiliza la sugerida por Sawadogo (Sawadogo, Pegdwende and Darmont, 2020). La metadata operacional será almacenada en la primera zona del Data Lake, mientras que la metadata técnica en la segunda zona, y la metadata del negocio en la tercera zona. Los analistas de datos y tomadores de decisiones pueden acceder a esta tercera zona, a través de los indicadores de gestión que se definan.

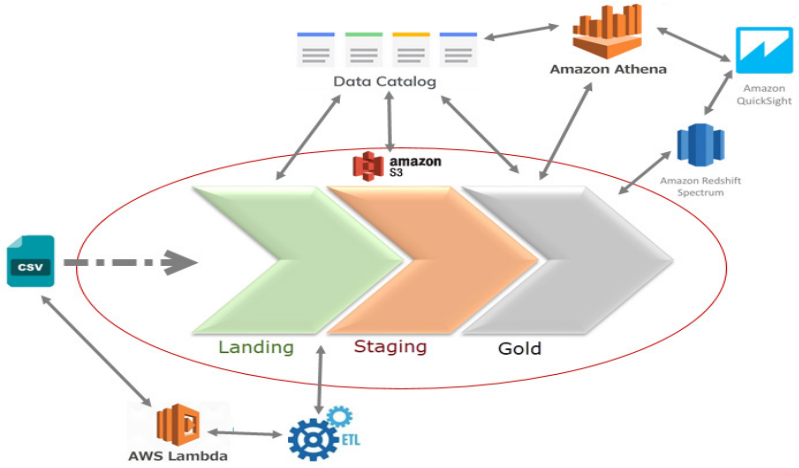


Figura 4 – Propuesta de arquitectura de Data Lake para la DGI.

El proceso de los datos y su correspondiente administración es como sigue: Primero se carga un documento (Word, Excel, Pdf, CVS, Base Datos, etc.) en la zona "Landing", ya que se mantiene en su formato original y se le agregan metadatos, principalmente para identificar su procedencia, tipo de archivo, y objetivo.

Luego el archivo pasa por un proceso ETL para leer los datos almacenados, los que serán almacenados en la segunda zona, "Staging", en donde se agrega la metadata del procesamiento. En este caso, la metadata consiste en asignar nombres de atributos, tipos de datos, y largo. Algunos autores han desarrollado procesos automáticos para esta zona a través de ontologías o esquemas que permiten relacionar los datos. En nuestro caso, AWS Glue rastrea las fuentes de datos y construye un catálogo de datos utilizando clasificadores predefinidos para formatos de datos y tipos de datos populares.

[1] https://aws.amazon.com/es/blogs/big-data/build-a-data-lake-foundation-with-aws-glue-and-amazon-s3/

Finalmente, los datos almacenados en la segunda zona son procesados como indicadores de gestión para ser almacenados en la tercera zona "Gold", en donde se agrega la metadata de todo el recorrido que hizo, y se procesa para quedar listo para ser utilizado por los sistemas de los usuarios, de la manera en que estos lo requieran. Los datos son almacenados en una base de datos relacional como un Data Warehouse (Cravero & Sepúlveda, 2012). Esto es posible a través de AWS Redshift ya que provee las herramientas para organizar cubos OLAP (Ordonez et al., 2017) y luego ser visualizados como tablas dinámicas y gráficos. Cabe destacar, que AWS Athena es una herramienta que permite al administrador del sistema, leer todos los datos almacenados en las distintas zonas, incluyendo la metadata agregada. Por otro lado, permite agregar nueva metadata si es necesario.

4. Modelado de Metadata para el Data Lake

En este trabajo se utilizó la clasificación de Metadatos de la figura 3. De tal manera, que los datos operacionales son almacenados en la primera zona. Por otro lado, los datos técnicos son almacenados en la segunda zona, y los datos del negocio son almacenados en la tercera zona.

Para diseñar la estructura de la Metadata se utilizó un modelo de Ontología diseñado de acuerdo al proceso descrito en (Rosell León, Yorbelis and Senso Ruiz, José Antonio and Leiva Mederos, 2016). Por otro lado, debido a la cantidad de datos que gestiona la DGI, fue necesario crear una Ontología por cada tipo de datos, en este trabajo se muestra un ejemplo específico, que permite cumplir con el siguiente indicador de gestión:

Nombre indicador	Proceso	Calculo
Cantidad de estudiantes candidatos a beneficios de pago de arancel	Buscar los estudiantes que cuentan con los requisitos que solicitan, los diversos beneficios estatales o de la Uct, que aportan al pago de arancel de una carrera.	Requisitos estudiante >= Requisitos mínimos

Figura 5 – Indicador de gestión de la DGI

Este indicador es parte de un conjunto mayor que aporta al cumplimiento del indicador que solicita el Fondo Basal, 'Retención de alumnos en el primer año', ya que analiza la deserción de estudiantes debido a la falta de beneficios.

La figura 6 presenta un ejemplo de Ontología para zona Landing, y para zona Staging. La primera ontología describe el origen y significado de los datos, u objetos, ingresados. Aquí los datos importantes son los del nombre del archivo, ubicación, descripción, linaje y fecha. Por otro lado, en la zona Staging, son importantes los datos que contienen los archivos y las relaciones entre éstos. En este ejemplo se consideró datos como: Beneficio, requisitos, nombre requisito, FUAS, NEM, PSU, becas ministeriales, becas UCT, créditos de educación superior, cobertura, nombre beneficio, monto matricula, monto arancel, estudiante, nombre estudiante, registro, año de ingreso.

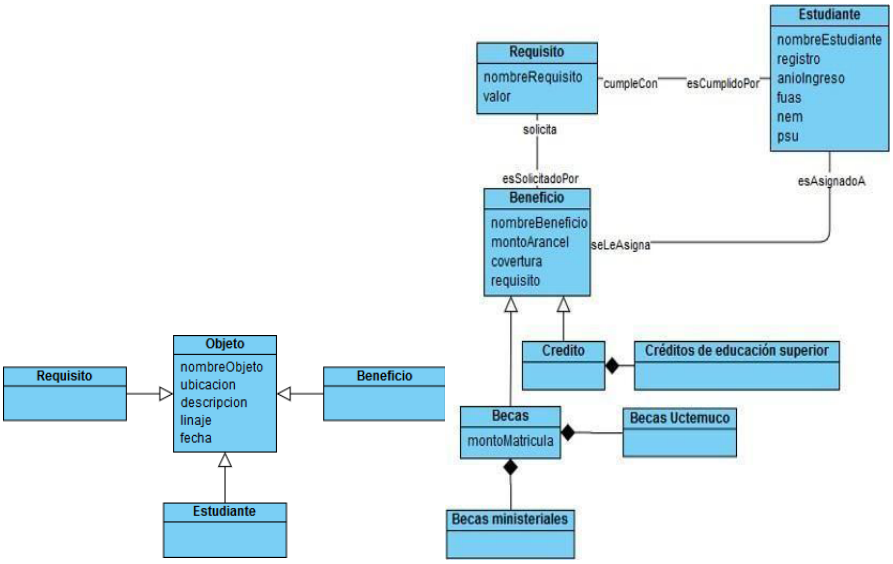


Figura 6 – Ejemplos de Ontologías para la zona Landing y Staging

En la tercera zona del Data Lake, se normalizan los datos, creando para esta Ontología una estructura de Data Mart (Data Warehouse) con tablas de hechos y dimensiones, en donde se almacenan indicadores de gestión.

Los modelos de Ontologías permitieron crear estructuras de Metadata en AWS para obtener relaciones entre los datos y una correcta trazabilidad.

5. Conclusiones

El trabajo presenta una propuesta de arquitectura de Data Lake y modelado de Metadata para la Unidad de Análisis Universitaria.

Para el diseño de la arquitectura se utilizó como referencia la arquitectura de Ravat and Zhao's, que consiste en tres zonas de acceso a los datos. Para probar la arquitectura, se desarrolló un prototipo implementado en AWS. Esto permitió un desarrollo rápido de la configuración y administración de los datos.

Para el diseño de la Metadata, se consideró la clasificación según Sawadogo. Los datos clasificados se almacenaron en las tres zonas propuestas. Como resultado se obtuvo un catálogo de metadatos disponible para los analistas de datos. Los tomadores de decisión pueden acceder solo a los datos de la tercera zona (Gold), puesto que se registran indicadores de gestión.

El Data Lake permitió administrar todos los datos disponibles en la DGI, desde los archivos de encuestas, datos en bases de datos relacionales, datos procesados en planillas electrónicas y datos almacenados en Data Warehouses. Con este tipo de herramientas es posible conocer toda la información disponible, el estado del dato y su nivel de

procesamiento. Por otro lado, las ontologías permitieron comprender la relación entre los datos existentes.

Como trabajo futuro, se espera implementar el Data Lake para todos los datos disponibles en la DGI, en un servidor local.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de la Frontera, Proyecto DI20-2011 y Patrocinio para estudiantes de pregrado y postgrado.

Referencias

Cravero, A., & Sepúlveda, S. (2012). A chronological study of paradigms for data warehouse design. Ingeniería e Investigación. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia., 32(2), 58--62.

Hegde, S. D., & Ravinarayana, B. (2016). Survey Paper on Data Lake. International Journal of Science and Research, 5(7).

Khine, Pwint Phyu and Wang, Z. S. (2018). Data lake: a new ideology in big data era. ITM Web of Conferences. EDP Sciences, 17, 03025.

Kozmina, N., Niedrite, L., & Zemnickis, J. (2018). "Information Requirements for Big Data Projects: A Review of State-of-the-Art Approaches." International Baltic Conference on Databases and Information Systems. Springer, 73—89.

Madera, C., & Laurent, A. (2016). The next information architecture evolution: the data lake wave. Proceedings of the 8th International Conference on Management of Digital EcoSystems, 174--180.

Ordonez, C., Garcia-Alvarado, C., & Song, I.-Y. (2017). Special issue on DOLAP 2015: Evolving data warehousing and OLAP cubes to big data analytics. Inf. Syst., 68, 1--2.

Ravat, F., & Zhao, Y. (2019). Data lakes: Trends and perspectives. In 3. 0Th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA) Austria: Linz.

Rosell León, Yorbelis and Senso Ruiz, José Antonio and Leiva Mederos, A. A. (2016). Diseño de una ontología para la gestión de datos heterogéneos en universidades: marco metodologico. Revista Cubana de Informació. Medigraphicn En Ciencias de La Salud (ACIMED), 27(4).

Sawadogo, Pegdwende and Darmont, J. (2020). On data lake architectures and metadata management. Journal of Intelligent Information Systems. Springer, 1--24.

Wibowo, Merlinda and Sulaiman, Sarina and Shamsuddin, S. M. (2017). Machine Learning in Data Lake for Combining Data Silos. International Conference on Data Mining and Big Data. Springer, 294--306.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/10/2020
Aceitação/Acceptance: 09/12/2020

Seguridad y privacidad para Registros Clínicos Electrónicos Portables apoyado en tecnología Blockchain: análisis bibliométrico

Juan Pablo Martínez Pulido[1 3], Helder Yesid Castrillón Cobo[2],
Diego Mauricio López Guitierrez[1]

juanpmartinez@unicauca.edu.co; hcastrillon@unicomfacauca.edu.co; dmlopez@unicauca.edu.co

[1] Universidad del Cauca, Cl. 5 #4-70, 190001, Popayán, Cauca, Colombia.

[2] Corporación Universitaria Comfacauca, Cl. 4 #Nº 8-30, 190001, Popayán, Cauca, Colombia.

[3] Centro de Desarrollo Tecnológico CREATIC, Cl. 20 Norte #Nº 7A-34, 190001, Popayán, Cauca, Colombia.

Pages: 570-584

Resumen: El presente estudio efectúa un análisis bibliométrico de producción científica relacionada con la seguridad y privacidad de los Registros Clínicos Electrónicos (Electronic Health Records - EHR), especialmente en escenarios que requieren la portabilidad de los mismos. El análisis se realiza desde el campo de la ingeniería telemática, contemplando las tendencias en investigación a nivel mundial entre los años 2015 y 2020, principalmente a partir de casos en los que se documentan investigaciones con resultados aplicables a situaciones reales, teniendo presente que este estudio surge en el contexto colombiano, donde se proyecta tener implementada y operando la Historia Clínica Electrónica Interoperable en el año 2025. Finalmente se proponen tres grupos de clasificación de estudios, primero, los que se relacionan con la privacidad y seguridad, segundo, los referentes a normatividad y portabilidad de los EHR, y por último en los que se hace uso de tecnología Blockchain para soportar la privacidad y seguridad de los EHR.

Palabras-clave: EHR; Portabilidad; Seguridad; Privacidad; Blockchain.

Security and Privacy for Portable Electronic Clinical Records Supported by Blockchain Technology: Bibliometric Analysis

Abstract: This study conducts a bibliometric analysis of scientific production related to the security and privacy of the Electronic Health Records (EHR), especially in scenarios that require the portability of the same. The analysis is carried out from the field of telematics engineering, contemplating trends in research worldwide between 2015 and 2020, mainly from cases in which investigations are documented with results applicable to real situations, bearing in mind that this study arises in the Colombian context, where it is planned to have implemented and operating the Interoperable Electronic Health History in 2025. Finally, three groups of classification of studies are proposed, first those related to privacy and security,

second those related to the normativity and portability of the EHRs, and finally in which Blockchain technology is used to support the privacy and security of EHRs.

Keywords: EHR; Portability; Security; Privacy; Blockchain.

1. Introducción

Las tecnologías de la información y estándares actuales en el campo de las telecomunicaciones, han permitido el desarrollo y despliegue de sistemas de información eficientes y razonablemente seguros en el campo de la salud, permitiendo, entre otros, un escenario base para la interoperabilidad de los sistemas, lo que a su vez permite el intercambio de Registros Clínicos Electrónicos (EHR[1]) entre las Instituciones Prestadoras de servicios de Salud (IPS). Sin embargo, la portabilidad y el intercambio directo del EHR de persona a persona sin depender de los sistemas de información de las IPS, representan un reto mayor que se fundamenta en la tarea de conservar la privacidad y seguridad de los EHR bajo la administración del titular.

A nivel de América latina, hay una iniciativa de colaboración entre los países participantes para intercambio de conocimientos y experiencias sobre EHR (5G Americas, 2019), en Colombia particularmente se está proyectando la implementación de un sistema de EHR interoperable, regulada bajo la ley No. 2015 del 31 de enero del 2020 (Congreso de la Republica de Colombia, 2020), donde se estipulan las disposiciones para la creación la misma, buscando un entorno dinámico, escalable, flexible y transparente, soportado transversalmente con servicios para gestión de la seguridad y privacidad en la información (Rosado et al., 2019).

Los EHR contienen información sensible del estado de salud de una persona, y por tanto su administración requiere de cumplimiento en materia regulatoria y normativa, de manera que se garantice en lo posible un apropiado nivel de protección en los procesos de portabilidad. Ahora bien, un modelo de distribución y portabilidad de EHR requiere un plan estratégico articulado con el uso de herramientas tecnológicas bajo un enfoque que garantice la inmutabilidad de los registros, validación de la información y transparencia en el acceso. Además, debe mantener disponible en todo momento los servicios digitales sin depender de un nodo central de datos, sino en una red distribuida y robusta en la que interactúen diferentes actores. Según estas características mencionadas, se cumplen con los requisitos para considerar el uso de Blockchain (Allende & Unda, 2018), teniendo en cuenta que en investigaciones relacionadas con la aplicación de esta tecnología en el contextos de salud, ya se presenta resultados satisfactorios tanto en casos reales como en pruebas de concepto.(Ekblaw et al., 2016; Nguyen et al., 2019; Peterson et al., 2016; B. Shen et al., 2019)

Partiendo del escenario actual, el presente artículo realiza un análisis de la producción científica relacionada con la seguridad y privacidad de los Registros Clínicos Electrónicos portables, en busca de las tecnologías, herramientas, protocolos, estándares, entre otras, que permitan definir los componentes requeridos para implementación de

[1] EHR viene del inglés Electronic Health Record, que es así mayormente conocido en ámbito de la informática médica

características de portabilidad sobre los EHR, contribuyendo a formar una base teórica para la implementación de un sistema de Historia Clínica Electrónica Interoperable, mejorando a su vez la seguridad y privacidad en escenarios interoperables de EHR.

2. Método

Basado en lo propuesto por (Petersen et al., 2015) y teniendo presente el objeto de estudio se realizó la formulación de tres preguntas de investigación (PIs).

2.1. Preguntas de investigación

- **PI1**: ¿Cómo se ha abordado la seguridad y privacidad en el registro clínico electrónico?
- **PI2:** ¿Qué mecanismos de seguridad y privacidad se han implementado en la portabilidad del Registro cínico Electrónico?
- **PI3:** ¿existen lineamientos para evaluar la seguridad y privacidad del Registro Clínico Electrónico?

Con **PI1** se busca identificar las soluciones que están siendo o han sido empleadas para la protección de los EHR en todo su contexto de aplicación. Con **PI2** se pretende identificar de manera los mecanismos empleados para proteger los EHR en condiciones específicas de portabilidad. **PI3** tiene por objeto la identificación de lineamientos tales como guías, arquitecturas, modelos, Framework, etc. usados para evaluar el nivel de seguridad y privacidad de las soluciones orientadas a la protección de los EHR.

A partir de las preguntas de investigación se siguió la estrategia PICO (Population, Intervention, Comparison and Outcomes) sugerida en (Kitchenham & Charters, 2007) para identificar palabras clave y formular cadenas de búsqueda a partir de preguntas de investigación.

Población: En ingeniería del software, la población puede referirse a un rol específico de ingeniería de software, categoría de ingeniero de software, un área de aplicación o un grupo industrial [3]. En nuestro contexto, la población son los entes que se relacionan con la gestión de los EHR, es decir, Pacientes Colombianos (o usuarios del servicio de salud en Colombia), IPS, Entidades Promotoras de Salud (EPS), secretarías de salud y el Ministerio de Salud y Protección Social.

Intervención: La intervención se refiere a una metodología, herramienta, tecnología o procedimiento que aborda un problema específico. En el contexto de este estudio, las tecnologías para la privacidad y seguridad en la transferencia y el almacenamiento distribuido de los EHR, son el objeto de investigación.

Comparación: En este estudio, se compara modelos propuestos de seguridad y privacidad de los EHR portables mediante la identificación de las diferentes estrategias que han utilizado, teniendo en cuenta criterios de flexibilidad, disponibilidad, gestión de identidades, autenticación de usuarios, Integridad y privacidad de datos.

Resultados: Los resultados se relacionan con factores de importancia para la población involucrada. En este estudio, los resultados se enfocan en generar mayor confianza en la gestión de los EHR portables, con la evaluación y propuesta de mecanismos tecnológicos

para acceso transparente a la información y una mayor resistencia ante amenazas que afectan la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos clínicos, a su vez, sin afectar otras características de calidad como son los tiempos de respuesta en el intercambio de información.

2.2. Palabras clave

Se identificaron y agruparon las palabras clave teniendo en cuenta sinónimos y abreviaturas:

- Población: Electronic Health Record OR Electronic Health Records OR EHR.
- Intervención: privacy OR security.
- Comparación: portability OR portable.
- Resultados: evaluation OR method OR tool OR framework OR model OR architecture.

2.3. Criterios de inclusión y exclusión

A continuación, se presentan los criterios que fueron tenidos en cuenta para incluir y excluir documentos.

Inclusión	Exclusión
Artículos, revisiones	No se relaciona con Registros clínicos electrónicos (EHR). No se relaciona con seguridad y privacidad de la información.
Últimos 5 años	Libros y literatura gris
Estudios en el campo de la ingeniería telemática	Estudios no presentados en inglés

Tabla 1 – Criterios de inclusión y exclusión de artículos

2.4. Búsquedas en bases de datos

Las palabras identificadas fueron consideradas para construir tres cadenas de búsqueda, y posteriormente fueron incluidas en los buscadores de las bases de datos bibliográficas Scopus y Web of Science obteniendo los resultados que se presentan en las Tablas 2,3 y 4.

Base de datos	Búsqueda	Nº Resultados
Web of Science	(TS=((“Electronic Health Record”) AND (“security” OR “privacy”))) AND **LANGUAGE**: (English) AND **DOCUMENT TYPES**: (Article) Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC **Timespan**=Last 5 year	243
Scopus	**TITLE-ABS-KEY** ((“Electronic Health Record” OR EHR) **AND** (security **OR** privacy)) **AND PUBYEAR AFT** 2015 **AND** (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”) **OR LIMIT-TO** (DOCTYPE , “re”))	938

Tabla 2 – Búsqueda en bases de datos para cadena 1

A continuación, se presenta de manera gráfica la correlación entre los EHR y los trabajos de privacidad y seguridad. Para graficar se tuvo en cuenta las palabras clave que tuvieron aparición en un mínimo de 50 trabajos, de esta manera se resume a los nodos de la Figura 1.

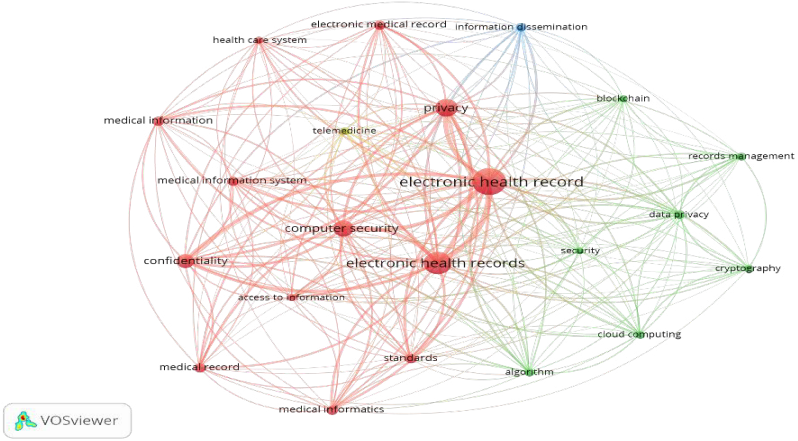


Figura 1 – Correlación entre EHR con seguridad y privacidad

En la Figura 1, se aprecian relaciones directas de los trabajos científicos enfocados a seguridad y privacidad del EHR con los trabajos en telemedicina, computación en la nube, estándares, acceso y diseminación de información, los cuales a su vez tienen relación directa con la tecnología Blockchain.

En un análisis de la cantidad de producción según el territorio, se encuentra que Estados Unidos, India, Reino Unido y China, son los países que han publicado la mayor cantidad de documentos científicos respecto al tema de estudio (Figura 2).

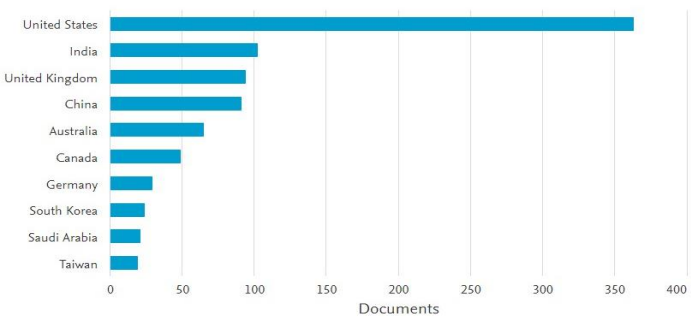


Figura 2 – Cantidad de publicaciones por país

Con base en las cifras de producción por país, se da a conocer los referentes internacionales que tienen en sus focos científicos la seguridad y privacidad de los EHR. Adicionalmente, se presenta la línea temporal de publicaciones según palabras clave (Figura 3), donde se aprecian las temáticas más recientes en color amarillo ubicadas hacia la derecha de la figura, las cuales están asociadas con términos de seguridad, privacidad y a las tecnologías Blockchain y computación en la nube, permitiendo así, identificarlas como tendencia de investigación en lo que respecta a EHR.

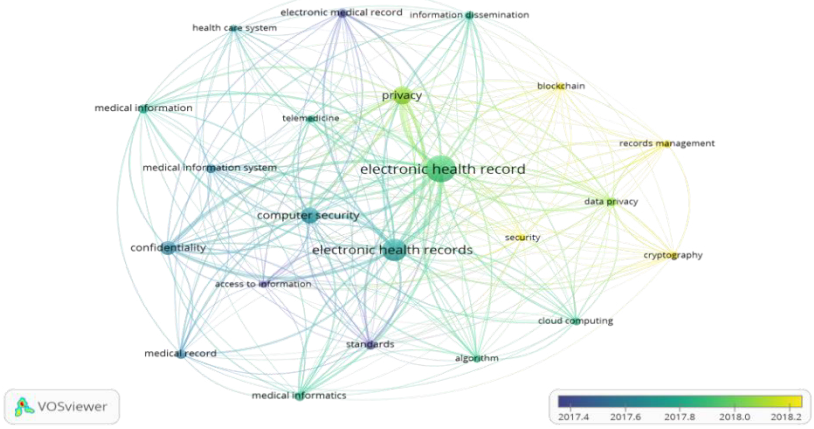


Figura 3 – Línea temporal en publicaciones por palabra clave para cadena de búsqueda 1

Para la estructuración de la segunda cadena de búsqueda se tuvo presente las palabras claves relacionadas al componente de portabilidad en los EHR, de tal manera que se acotan los resultados a un nivel específico, permitiendo analizar los mecanismos de seguridad y privacidad que se han implementado y/o son objeto de estudio, para aplicar a los casos en que la protección de los registros depende del titular que los administra bajo su propia custodia.

Se emplea nuevamente los buscadores de las bases de datos bibliográficas Scopus y Web of Science, obteniendo los resultados que se presentan en las Tabla 3.

Base de datos	Busqueda	Nº Resultados
Web of Science	(TS=((“Electronic Health Record”) AND (“security” OR “privacy”) AND (“portability” OR “Portable”))) AND **LANGUAGE**: (English) AND **DOCUMENT TYPES**: (Article) Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC **Timespan**=Last 5 year	13
Scopus	**TITLE-ABS-KEY** ((“Electronic Health Record” OR EHR) **AND** (security **OR** privacy) **AND (**portability **OR** portable)) **AND PUBYEAR AFT** 2015 **AND** (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”) **OR LIMIT-TO** (DOCTYPE , “re”))	36

Tabla 3 – Búsqueda en bases de datos para cadena 2

A partir de los resultados se ilustra la correlación entre los EHR y los trabajos de privacidad y seguridad enfocados a la portabilidad. Se obtuvo una cantidad inferior de resultados, por lo tanto, para ilustrar se tuvo en cuenta las palabras clave con aparición en un mínimo de 4 documentos, de esta manera se obtienen a los nodos de la Figura 4, donde se aprecian relaciones directas de los trabajos científicos enfocados a seguridad y privacidad en la portabilidad de los EHR, con los trabajos en intercambio de información clínica, estandarización, y sistemas de información en salud.

Adicionalmente, se aprecia la ausencia de estudios orientados a tecnologías específicas como es el caso de Blockchain y Cloud computing, las cuales si se evidenciaban en la primera cadena de búsqueda que no tenía en cuenta la portabilidad.

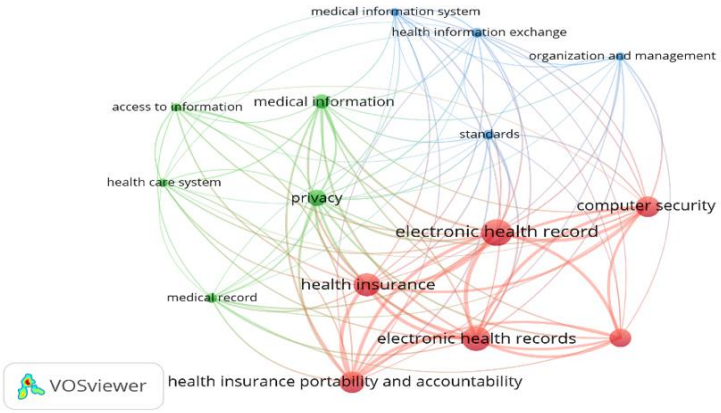


Figura 4 – Correlación entre portabilidad en EHR con seguridad y privacidad

Respecto a la cantidad de publicaciones según el territorio, Estados Unidos cuenta con la mayor proporción, seguido de ocho países que aportan entre uno y dos artículos del tema (Figura 5).

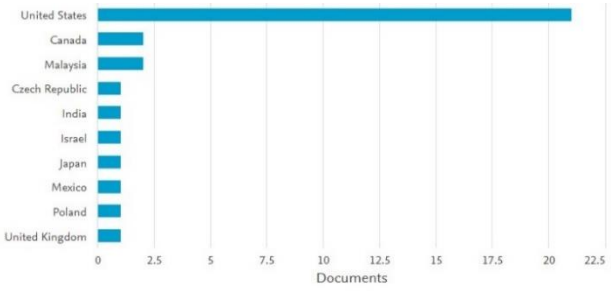


Figura 5 – Publicaciones por país para cadena de búsqueda 2

En la línea temporal de publicaciones según palabras clave (Figura 6), se aprecian las más recientes en color amarillo ubicadas en la parte superior de la figura, las cuales están asociadas con sistemas de información en salud e intercambio de información clínica, mostrando una correlación directa con estudios recientes enfocados a privacidad, identificando así que la tendencia está en la protección de los datos tanto en el acceso e intercambio de los mismos.

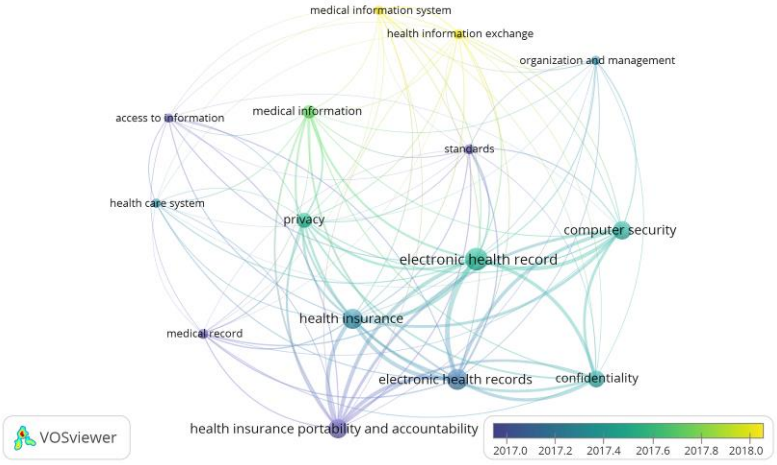


Figura 6 – Línea temporal en publicaciones por palabra clave para cadena de búsqueda 2

Para definir la cadena de búsqueda 3, se han tenido en cuenta las diferentes soluciones propuestas en investigaciones que abordan la seguridad y privacidad de los EHR, de tal forma que se puedan identificar las estrategias de evaluación de cumplimiento de aspectos como: la inmutabilidad de los registros, la validación de la información, transparencia y flexibilidad en el acceso, descentralización y disponibilidad de los datos.

De las soluciones propuestas para el cumplimiento de los aspectos mencionados, se destacan las siguientes cinco formas de presentar lineamientos que fueron tenidas en cuenta para la búsqueda: métodos, herramientas, frameworks, modelos, y arquitecturas; bajos las cuales se obtuvieron los resultados presentados en las Tabla 4.

Según la correlación identificada, se aprecia que la evaluación de las estrategias de seguridad y privacidad de EHR se enfocan tanto a aspectos técnicos, como también a aspectos de gestión organizacional, entre los que se destacan el uso de estándares para medir el nivel de cumplimiento de las estrategias.

Analizando la temporalidad de publicaciones según palabras clave (Figura 8), se aprecia que en temas de evaluación de seguridad y privacidad de EHR, los estudios más recientes están enfocados a evaluar las soluciones que emplean tecnología Blockchain, seguido de los estudios orientados a diseminación de información.

Base de datos	Búsqueda	Nº Resultados
Web of Science	(TS=((“Electronic Health Record”) AND (“security” OR “privacy”)AND (“evaluation”)AND(“method” OR “tool” OR “framework” OR “model” OR “architecture”)))AND **LANGUAGE**: (English) AND **DOCUMENT TYPES**: (Article) Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S, BKCI-SSH, ESCI, CCR-EXPANDED, IC **Timespan**=Last 5 year	23
Scopus	**TITLE-ABS-KEY** ((“Electronic Health Record” OR EHR) **AND** (security OR privacy) AND (evaluation) AND (method OR tool OR framework OR model OR architecture)) **AND PUBYEAR AFT** 2015 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”) OR **LIMIT-TO** (DOCTYPE , “re”))	85

Tabla 4 – Búsqueda en bases de datos para cadena 3

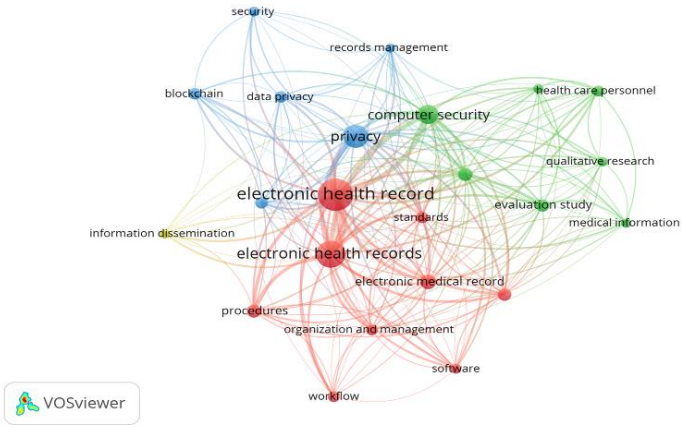


Figura 7 – Correlación entre evaluación de seguridad y privacidad en EHR

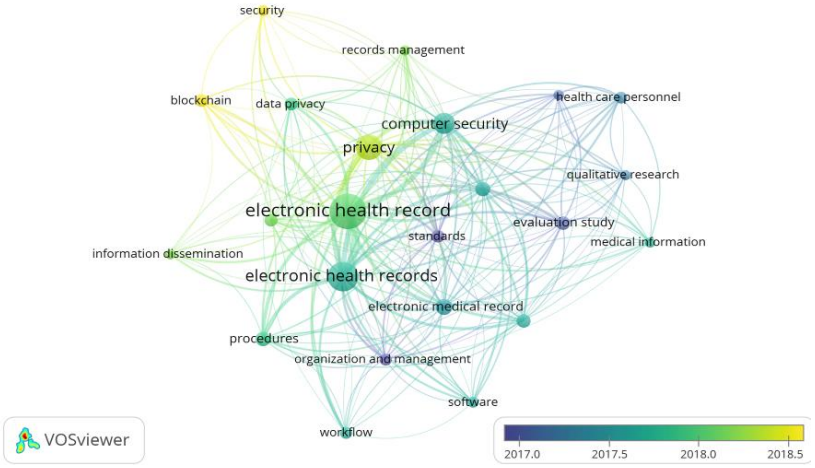


Figura 8 – Línea temporal en publicaciones por palabra clave para cadena de búsqueda 3

Por otra parte, las investigaciones menos recientes en los resultados de búsqueda están relacionadas con la evaluación de privacidad y seguridad en EHR desde el punto de vista de la estandarización y la gestión organizacional.

3. Resultados del análisis

3.1. Categorías de clasificación

El esquema de clasificación de trabajos se encuentra relacionado con los temas de enfoque, que buscan resolver las preguntas de investigación. Se crearon 3 categorías principales: Privacidad y Seguridad, Portabilidad en EHR, y Tecnología Blockchain; que a su vez se dividen según las estrategias generales que son empleadas en ellos, como se puede ver en la Tabla 5.

Seguridad y privacidad para Registros Clínicos Electrónicos Portables apoyado en tecnología Blockchain		
Privacidad y Seguridad	Autorización - Autenticación	Cifrado - Anonimización
Portabilidad en EHR	Estándares y normativas	Portabilidad
Tecnología Blockchain	Integración de Blockchain a modelos de seguridad y privacidad	

Tabla 5 – Temas por categoría

3.2. Mecanismos y estrategias

Los mecanismos y/o estrategias utilizadas en los trabajos revisados para la protección de datos, permiten clasificarlos dentro de las categorías propuestas en la Tabla 5, identificando así aportes y brechas que tienen en general.

Respecto a la categoría de seguridad y privacidad se destacan los trabajos de (Farzana & Islam, 2019; Zhang et al., 2018) en la estrategia de autorización y autenticación; y los trabajos de (Kanwal et al., 2020; W. Shen et al., 2018) en la estrategia de cifrado y anonimización de información. De cada uno de ellos se describe su principal aporte y las brechas encontradas (Tabla 6).

Los principales trabajos de la categoría de seguridad y privacidad, contemplados en la Tabla 6, brindan mecanismos tecnológicos que se concentran en la forma en que los usuarios son autorizados y autenticados según su rol en el sistema, a su vez, proponen estrategias para cifrado y anonimización de datos, los cuales, al ser implementados buscan reducir el riesgo en el acceso a información sensible; sin embargo, los niveles de seguridad de las soluciones no han sido probados cuantitativamente, por lo tanto, se dificulta comparar objetivamente según el grado de protección que ofrecen respecto a mecanismos y estrategias similares.

Estrategia	Trabajo Relacionado	Aporte	Brecha
Autorización y autenticación	(Farzana & Islam, 2019)	Protocolo para manejar autorización de acceso a datos por parte del paciente	Los trabajos encontrados carecen de un proceso de pruebas de seguridad, o no hacen un análisis riguroso al respecto
	(Zhang et al., 2018)	Esquema de control de acceso a datos sensibles	
Cifrado y Anonimización	(Kanwal et al., 2020)	Análisis de amenazas a la privacidad de los EHR y técnicas de preservación.	No se contemplan limitaciones y modo de articulación con componentes presentes en contextos reales
	(W. Shen et al., 2018)	Esquema para protección de información sensible en la transferencia de EHR	

Tabla 6 – Categoría de privacidad y seguridad de la información

Así mismo, en la categoría de portabilidad de EHR, se destacan los trabajos de (ISO/TC Health Informatics, 2019; Roehrs et al., 2017) en la estrategia de estandarización y normatividad, y el trabajo de (Egondu R. et al., 2019) en la estrategia de portabilidad. Los principales aportes hacen referencia a la descripción y caracterización de estándares relacionados al almacenamiento y comunicación de datos clínicos, estableciendo a alto nivel los requisitos de seguridad y privacidad generales; no obstante, cada implementación de un sistema de portabilidad de EHR a su vez tendrá que cumplir con requisitos específicos según el contexto nacional donde se desarrollan, de tal manera que se puedan especificar también los detalles técnicos orientados a satisfacer la regulación de cada país. (Tabla 7).

Estrategia	Trabajo Relacionado	Aporte	Brecha
Estándares y normatividad	(Roehrs et al., 2017)	Descripción de estándares para el almacenamiento y comunicación de registros de salud.	Los requisitos de seguridad se describen de manera general y su implementación depende de la caracterización de **componentes específicos** en el dominio de aplicación
	(ISO/TC Health Informatics, 2019)	Requisitos de seguridad para comunicación de EHR	
Portabilidad	(Egondu R. et al., 2019)	Análisis de amenazas a la privacidad de los EHR portables y técnicas de preservación	Las estrategias de protección se definen a través de escenarios teóricos, carecen de componente técnico

Tabla 7 – Categoría de portabilidad en EHR

Por otra parte, en la categoría de Blockchain, se destacan los trabajos de (Azaria et al., 2016; Nguyen et al., 2019; Roehrs et al., 2017; B. Shen et al., 2019) en la estrategia de modelos de seguridad y privacidad soportados por la tecnología en mención. De cada uno se presenta en síntesis su principal aporte y brechas generales (Tabla 8), donde se destaca la existencia de modelos y marcos de trabajo que emplean Blockchain junto con otras tecnologías y arquitecturas para protección de información clínica durante la consulta e intercambio de la misma, incrementando a su vez la eficiencia a nivel de recursos computacionales y la transparencia en el acceso a los EHR.

Ahora bien, la combinación de tecnologías en un mismo modelo y/o marco de trabajo, implica que cada una de estas deban cumplir con requisitos de seguridad asociados a los EHR, por lo cual, hace falta contemplar el aseguramiento de todos los componentes que interactúan en el sistema y no solo lo que respecta a Blockchain.

Estrategia	Trabajo Relacionado	Aporte	Brecha
Modelos de seguridad y privacidad soportados por Blockchain	(B. Shen et al., 2019)	Incremento de eficiencia y seguridad en intercambio de datos combinando arquitectura p2p con Blockchain	No se contempla la seguridad en los Registros Clínicos Electrónicos Portables No se contempla la seguridad sobre los sistemas de almacenamiento y bases de datos distribuidas No se tiene presente la portabilidad, o esta depende de un dispositivo específico y conexión ininterrumpida al sistema para realizar transferencia de un EHR
	(Roehrs et al., 2017)	Integración de Registros cínicos Personales (PHR) mediante arquitectura distribuida con componentes Blockchain	
	(Azaria et al., 2016)	Transparencia en el acceso a los EHR mediante Logs de en red Blockchain	
	(Nguyen et al., 2019)	Framework para intercambio de EHR en un entorno cloud	

Tabla 8 – Categoría de Tecnología Blockchain

4. Discusión

A partir de los aportes y brechas definidas en las categorías, mecanismos y estrategias analizados en el presente estudio, se genera un escenario base a nivel teórico que responde de la siguiente manera a las temáticas relacionadas con las preguntas de investigación planteadas.

PI1, seguridad y privacidad en EHR: La seguridad y privacidad de los EHR se está abordando a través de protocolos, modelos y arquitecturas adaptadas a tecnologías como Blockchain y Cloud computing, las cuales se han convertido en pilares para facilitar el intercambio y protección de datos clínicos sensibles dentro de los entornos interoperables de los sistemas de información en salud, apoyando así los procesos de implantación de una EHR interoperable.

A partir de este escenario de base documental se pueden consolidar los componentes y recomendaciones que han resultado de la experiencia en la implementación de EHR

interoperable a nivel internacional. Sin embargo, los trabajos publicados son en gran proporción estudios que proponen soluciones a requisitos de seguridad puntuales y carecen de un proceso de integración y aplicación en entornos reales, a su vez evidenciando la ausencia de rigurosas pruebas técnicas que demuestren su efectividad en la protección de la privacidad ante diversas amenazas. En este sentido se debe considerar a futuro que las pruebas no solo se realicen de manera unitaria a cada solución propuesta, sino que también se prueben posterior a la integración con otras soluciones complementarias bajo un mismo sistema que opere en condiciones similares a las de un contexto real.

PI2, seguridad y privacidad en portabilidad de EHR: Respecto a la necesidad específica de seguridad y privacidad en las situaciones de portabilidad de los EHR, el análisis indica que las mismas tecnologías que ayudan a proteger los sistemas de información en salud no han sido aplicadas directamente para proteger los EHR portables, especialmente Blockchain y Cloud computing, por lo cual se infiere que dichas tecnologías a razón de sus características de conectividad, no son el foco para resolver problemáticas asociadas al intercambio de información en escenarios donde los datos esperan ser transferidos directamente de persona a persona sin limitarse por la conexión a Internet. Ahora bien, cabe aclarar que este tema específico aún no tiene un nivel de madurez suficiente teniendo en cuenta la proporción de producción científica en los últimos años.

PI3, evaluación de seguridad y privacidad en EHR: Para la evaluación del nivel de seguridad y privacidad que agrega cada una de las soluciones que este estudio se identifican, se ha encontrado que la medición utilizada está directamente relacionada al cumplimiento de estandarización y normatividad asociada a los EHR, por eso, se identifican normas y guías internacionales referentes a la definición de requisitos de seguridad y privacidad para el almacenamiento y transferencia de EHR, sin embargo, dicha documentación no brinda un soporte técnico para la implementación de estrategias de protección de los EHR, especialmente para portabilidad de los mismos, así que depende directamente en el juicio de los expertos, quienes deben definir las estrategias específicas de implementación con las que se cumplirán los requisitos. Por otra parte, las evaluaciones que se encontraron también contemplaban el desempeño general de los sistemas de seguridad respecto a los tiempos de respuesta a medida que se agregan componentes.

Se considera necesario que los diferentes soluciones tecnológicas existentes que basan su estrategia en tecnología Blockchain, sean probadas cuantitativamente bajo una medida estandarizada que facilite una comparación entre las mismas, teniendo en cuenta que se debe probar la seguridad de todo el sistema y no solo el componente propuesto, debido a que cada mecanismo cumple un rol diferente pero a su vez tiene dependencias que generan vulnerabilidades no contempladas al operar y probar individualmente.

5. Conclusiones

Las estrategias, mecanismos y tecnologías que soportan la privacidad y seguridad de los EHR cambian de manera considerable cuando los datos clínicos no están en un sistema de información sino bajo custodia del titular de la información. En estos casos la protección va de la mano con el uso de dispositivos y protocolos de almacenamiento e intercambio de información. Se evidenciaron pocos trabajos de relevancia en este sentido.

Los requisitos para protección de EHR corresponden a una amplia lista de aspectos por cumplir en materia organizacional, técnica y tecnológica; por lo tanto, esto genera la necesidad de concentrar esfuerzos en estrategias integradoras de componentes para generar un modelo que abarque los requisitos de seguridad y privacidad estipulados a nivel normativo y reglamentario, aportando así a facilitar la implementación de una HCEI.

Por si solo el uso de tecnología Blockchain en materia de seguridad de EHR es insuficiente, sin embargo, esta impacta considerablemente en el fortalecimiento de la privacidad de los mismos, ya que soporta la transparencia en el acceso a la información mediante la inmutabilidad y descentralización de los registros. Por lo tanto, esta tecnología debe ser implementada como un componente que haga parte de una infraestructura que lo soporte, donde a su vez se integre con más tecnologías de seguridad informática y de protocolos de transferencia de información que permitan tener un adecuado desempeño y cubran cada uno de los requisitos normativos según la regulación específica que se deba seguir, sin dejar de lado el factor de gestión organizacional que implica buenas prácticas en el uso de la tecnología por parte de todos los entes participantes en el sistema de HCEI.

Como trabajo futuro, se plantea proponer un modelo de seguridad y privacidad que sea específico para EHR portables, de tal manera que se establezcan los componentes técnicos y tecnológicos, alineados a los factores regulatorios y organizacionales, que al ser integrados brinden un nivel de seguridad y privacidad según lo definido por estándares de sistemas de información en salud.

Referencias

5G Americas. (2019). Historia clinica electronica en America Latina. Journal of International Economic Affairs, 9(2), 1501.

Allende, M., & Unda, V. C. (2018). Blockchain Cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social . 1–50.

Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A. (2016). MedRec: Using Blockchain for medical data access and permission management. Proceedings - 2016 2nd International Conference on Open and Big Data, OBD 2016, 25–30. https://doi.org/10.1109/OBD.2016.11

Congreso de la Republica de Colombia. (2020). Ley 2015 del 31 de enero de 2020. Congreso de Colombia , 7.

Egondu R., O., Jon, R., & Cory L., H. (2019). Portable Health Records in a Mobile Society. Springer.

Ekblaw, A., Azaria, A., Halamka, J. D., & Lippman, A. (2016). A Case Study for Blockchain in Healthcare: "MedRec"prototype for electronic health records and medical research data. Proceedings of IEEE Open & Big Data Conference, 13, 13. https://doi.org/10.1080/10556780410001647203

Farzana, S., & Islam, S. (2019). Symmetric key-based patient controlled secured electronic health record management protocol. Journal of High Speed Networks, 25(3), 221–237. https://doi.org/10.3233/JHS-190613

ISO/TC Health Informatics. (2019). ISO 13606-4:2019. 22. https://www.iso.org/standard/62306.html

Kanwal, T., Anjum, A., & Khan, A. (2020). Privacy preservation in e-health cloud: taxonomy, privacy requirements, feasibility analysis, and opportunities. Cluster Computing, 1. https://doi.org/10.1007/s10586-020-03106-1

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering.

Nguyen, D. C., Pathirana, P. N., Ding, M., & Seneviratne, A. (2019). Blockchain for Secure EHRs Sharing of Mobile Cloud Based E-Health Systems. IEEE Access, 7, 66792–66806. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2917555

Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. Information and Software Technology, 64, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007

Peterson, K., Deeduvanu, R., Pradip, K., & Boles, K. (2016). A Blockchain-Based Approach to Health Information Exchange Networks. Journal of Medical Systems, 63(50), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.363

Roehrs, A., da Costa, C. A., & da Rosa Righi, R. (2017). OmniPHR: A distributed architecture model to integrate personal health records. Journal of Biomedical Informatics, 71, 70–81. https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.05.012

Rosado, D. G., Fernández-Medina, E., & López, J. (2019). Hacia una Arquitectura de Servicios de Seguridad para entornos Grid Móviles. http://www.criptored.upm.es/cibsi/cibsi2009/docs/Papers/CIBSI-Dia2-Sesion4(2).pdf

Shen, B., Guo, J., & Yang, Y. (2019). MedChain: Efficient healthcare data sharing via Blockchain. Applied Sciences (Switzerland), 9(6). https://doi.org/10.3390/app9061207

Shen, W., Qin, J., Yu, J., Hao, R., & Hu, J. (2018). Enabling Identity-Based Integrity Auditing and Data Sharing with Sensitive Information Hiding for Secure Cloud Storage. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 14(2), 331–346. https://doi.org/10.1109/TIFS.2018.2850312

Zhang, Y., Zheng, D., & Deng, R. H. (2018). Security and Privacy in Smart Health: Efficient Policy-Hiding Attribute-Based Access Control. IEEE Internet of Things Journal, 5(3), 2130–2145. https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2825289

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/09/2020
Aceitação/Acceptance: 05/11/2020

Uma avaliação do Governo Eletrónico em Portugal sob a Ótica dos Utilizadores

Adriana Zoqui de Freitas Cayres Nishimura[1], Manuel Au-Yong-Oliveira[2], Cicero Eduardo Walter

adriana.nishimura@ua.pt; mao@ua.pt; eduardowalter@ifpi.edu.br

[1] Doutoranda em Ciências Económicas e Empresarias, Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal.

[2] GOVCOPP, Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal.

[3] GOVCOPP, Federal Institute of Education, Science and Technology of Piauí, Brazil; Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal.

Pages: 585-603

Resumo: Este estudo aborda o desenvolvimento do governo eletrónico (*e-Gov*) em Portugal, reflexo de uma necessidade crescente de modernização da Administração Pública. O tema tem despertado grande interesse da comunidade científica internacional, originando uma literatura que investiga diversas vertentes, como a disponibilização de serviços públicos *online*, a nível central, local e transfronteiriço; as metodologias de avaliação dos serviços eletrónicos; a aferição do grau de maturidade obtida; assim como os desafios existentes em termos de interoperabilidade, usabilidade, inclusão e competências digitais. Um questionário de avaliação do *e-Gov* em Portugal foi respondido por 632 usuários provenientes de todos os distritos de Portugal, no período de junho a agosto de 2020. Os resultados apontam para uma avaliação mais positiva da qualidade da informação dos portais públicos, usabilidade e satisfação com os serviços eletrónicos, e uma avaliação mais negativa da interoperabilidade dos sistemas. Foi encontrada uma correlação moderada positiva entre as dimensões qualidade da informação, usabilidade, satisfação com os serviços e interoperabilidade. Adicionalmente, os portugueses, sendo pouco etnocêntricos, poderá explicar o seu não reconhecimento do quão estão avançados em matéria de *e-Gov*.

Palavras-chave: Governo Eletrónico; Serviços Públicos Eletrónicos; Portugal; Avaliação do Utilizador; Interoperabilidade; Satisfação.

An evaluation of e-government in Portugal from the perspective of the users

Abstract: This study addresses the development of e-government (e-gov) in Portugal, reflecting an increasing need to modernize Public Administration.

The topic has attracted a great deal of interest from the international scientific community, at the international level, resulting in a literature that investigates several aspects, such as the availability of online public services, at the central, local and transboundary levels; methodologies for electronic service evaluation; appraisal of the degree of maturity achieved, as well as the challenges in terms of interoperability, usability, inclusion and digital skills. An evaluation survey of e-Gov in Portugal was answered by 632 users from all of the districts of Portugal, from June to August 2020. The results point to a more positive assessment of the information quality of public websites, usability and satisfaction with online services, and a more negative assessment of the systems' interoperability. A moderate positive correlation was found between the dimensions of quality of information, usability, satisfaction with services and interoperability. Additionally, as the Portuguese score low on ethnocentrism, this may explain why they do not recognize how Portugal is in fact advanced in this area of e-gov.

Keywords: e-Government; Online Public Services; Portugal; User Assessment; Interoperability; Satisfaction.

1. Introdução

O conceito de governo eletrónico, também referido como *e-Government* ou *e-Gov*, surgiu na década de 1990, em resposta aos anseios pela modernização da Administração Pública e da desburocratização do Estado. Consiste na utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para o fornecimento de serviços públicos com agilidade, eficácia, eficiência e economia, aproximando o governo, as organizações privadas e os cidadãos. A diversidade de ferramentas eletrónicas, seja pela via de portais na Internet, pela disponibilização de bancos de dados para consulta, ou pelo desenvolvimento de aplicações para os telefones móveis, visa promover a prestação de serviços públicos de forma remota e disponível num modelo 24/7 (disponível vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana).

O grande progresso no governo eletrónico nos últimos anos pode ser atribuído, sobretudo, ao aumento insustentável dos gastos públicos que nem sempre se faziam repercutir em serviços mais eficientes; ao surgimento de uma nova filosofia que enfatiza a eficiência, a concorrência e as regras de mercado (o que justifica a aproximação do Estado às necessidades do cidadão); e ao rápido desenvolvimento das TIC e à crescente valorização dos sistemas de informação.

Portugal inseriu-se neste contexto da modernização da Administração Pública (AP) com o desenvolvimento das TIC no final da década de 1980, e a União Europeia incentivou os Estados-Membros (EM) a dinamizar a AP em linha (*online*) em 2006 (Marques, 2016). Ao longo de três décadas, Portugal tem se vindo a desenvolver em termos de governo eletrónico, tendo implementado práticas reconhecidamente inovadoras, ao nível central, regional e local, tendo se destacado algumas em particular, mencionadas de seguida.

No âmbito das Finanças, Portugal foi o primeiro país do mundo a receber a declaração do IRS pela Internet, em 1996 (Bilhim e Neves, 2007). Desde 2016, a declaração do IRS é pré-preenchida pela Autoridade Tributária – AT, e com o sistema e-Fatura, a faturação de bens e serviços passou a ser 100% por via eletrónica.

O Portal do Cidadão, que é um canal de acesso eletrónico aos serviços públicos do Estado, foi operacionalizado em 2003 (Marques, 2016). Por iniciativa da Agência para a Modernização Administrativa (AMA), em 2019 foi transformado no portal ePortugal (www.eportugal.gov.pt), que agrega os serviços do Portal do Cidadão com o Portal do Empreendedor, e oferece cerca de 1,200 serviços.

O sistema Simplex foi lançado em 2006 e envolve a coparticipação de empresas, Administração Pública e cidadãos. Implementaram-se, assim, medidas de simplificação tais como a Empresa na Hora, o Cartão do Cidadão eID, e o Licenciamento Zero. Atualmente, encontramo-nos na edição Simplex 2020-2021 (www.simplex.gov.pt). O sistema já foi exportado para países tais como o Egito, Marrocos e o Paraguai. (*Jornal de Negócios*, 2018; EcoSapo, 2020).

A aplicação id.gov.pt (www.id.gov.pt), de autenticação digital, venceu a nomeação para representar Portugal na categoria "*Government e Citizen Engagement*" nos World Summit Awards 2020, promovido pela ONU (ePortugal, 2020).

Desde 2016, Lisboa recebe o Web Summit, uma das maiores conferências de tecnologia do mundo (Marques, 2016). Adicionalmente, foi celebrada uma parceria para manter a conferência na capital portuguesa até 2028.

Portugal também se destaca no desenvolvimento de cidades digitais (*smart cities*), havendo mais de 20 projetos de cidades de Norte a Sul de Portugal, incluindo também nos Açores. Neste cenário, por exemplo, a cidade de Aveiro já foi aprovada 3 vezes no programa "*Urban Innovative Action-UIA*", financiado pela União Europeia para o desenvolvimento e aplicação de tecnologias 5G e IoT (Internet das Coisas) em soluções urbanas.

Desde 2014, a Comissão Europeia (2020) publica anualmente o índice de Digitalidade da Economia e da Sociedade (IDES), o qual monitoriza o desempenho digital da Europa e os progressos dos Estados-Membros em termos de competitividade digital. O IDES é mensurado em cinco domínios: conectividade, capital humano, utilização de serviços pela internet, integração das tecnologias digitais e serviços públicos digitais. No relatório de 2020, Portugal ocupa o 19º lugar entre os países da UE28, destacando-se nos domínios da conectividade e dos serviços públicos digitais, conforme indica o gráfico 1.

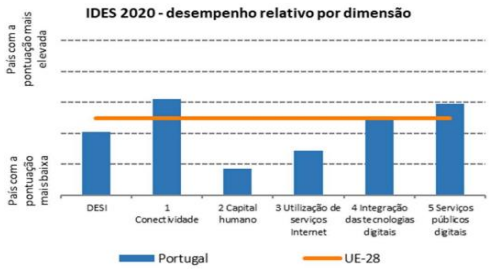


Gráfico 1 – IDES 2020 – Desempenho relativo de Portugal por dimensão.
Fonte: Relatório IDES 2020

Destaca-se, neste relatório, o vasto conjunto de medidas do domínio digital que Portugal implementou para fazer face à crise da pandemia do COVID-19, como o desenvolvimento de plataformas para coordenar a disponibilidade de camas e material hospitalar do Serviço Nacional de Saúde-SNS, aplicações para o rastreio de infetados e suspeitos, a ampliação da oferta de serviços digitais do *e*Portugal, tais como o registo em matéria de nascimentos, assim como plataformas de apoio para as PMEs em atividade. Na área da educação, diversas iniciativas prestaram apoio ao ensino digital em casa, e foram criados canais de telescola para apoiar os estudantes sem acesso à internet.

No entanto, o relatório aponta que Portugal está atrasado na atribuição do espetro de radiofrequências para 5G, para além de apresentar um desempenho fraco nos indicadores relativos a competências digitais.

Apesar das boas práticas de governo eletrónico implementadas por Portugal, muito se tem debatido na literatura sobre as dificuldades encontradas. Estas dificuldades incluem a escassez de avaliação das experiências (da implementação de governo eletrónico) em curso ou finalizadas, a necessidade de se desenvolver modelos de avaliação específicos para os serviços eletrónicos, a resistência à mudança presente na cultura organizacional dos órgãos da AP, assim como os problemas com a formação e a qualificação dos agentes do Estado (Madureira e Rodrigues, 2006; Bilhim e Neves, 2007; Mateus, 2008).

A proposta deste trabalho é apresentar um estudo empírico sobre a avaliação de algumas dimensões do governo eletrónico de Portugal, efetuada pelos cidadãos, que são os utilizadores finais dos serviços públicos. Foi divulgado um inquérito, por via eletrônica, a nível nacional, e foram obtidas 632 respostas completas.

O trabalho está estruturado em sete seções: introdução; revisão da literatura sobre o governo eletrónico e a sua aplicação em Portugal; a metodologia do estudo; os resultados; a discussão; as conclusões; e as referências.

2. O governo eletrónico e estudos do *e-Gov* em Portugal

Devido à crescente evolução tecnológica e ao acesso diário aos serviços públicos por parte da população, governos ao redor do mundo confrontam-se com o constante desafio da transformação e reinvenção, com o objetivo de prestarem serviços de uma forma eficiente, eficaz e económica (Sá et al., 2015). Para Rocha et al. (2005) o *e-Government*, numa visão abrangente, consiste na utilização adequada e vantajosa das TIC por organismos governamentais, quer sejam centrais, regionais ou locais, nos seus relacionamentos internos, externos e, particularmente, com os cidadãos.

Agrawal et al. (2009) afirmam que as iniciativas de governo eletrónico, por todo o mundo, incluem a disponibilização de serviços *online* nos portais governamentais. Para Dias e Gomes (2014), o governo eletrónico abrange o uso das tecnologias de informação em vários aspetos referentes à atividade do governo, tais como fluxos internos de informação; compras governamentais; a entrega de informação e serviços; e a participação dos cidadãos nos processos de tomada de decisão política.

Ao nível do relacionamento externo com os cidadãos e empresas, no que se designa por *front office*, o Governo desempenha um papel fundamental através da disponibilização de serviços *online*, não devendo restringir-se a publicar informação em *websites* e a

responder a *e-mails*, mas sim a criar condições para o surgimento de novos serviços *online* (Millard et al., 2004).

Papadomichelaki e Mentzas (2009) descrevem que um fator crítico na evolução do e-*Government* é o desenvolvimento de *websites* que melhor sirvam as necessidades dos cidadãos. Os *websites* oficiais governamentais começaram a surgir na internet em meados da década de 1990. Na sequência, o termo "administração em linha" (*online*) foi utilizado (Jinmei, 2011). Kumar et al. (2007) referem que o e-*Government* não se trata de uma tecnologia, mas é, pelo contrário, a utilização de tecnologias ao serviço das instituições governamentais, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

Nunes et al. (2017) diferenciam os conceitos e as implicações de *e-Government* e *e-Governance*. Enquanto o governo eletrónico é definido como uma mera entrega de serviços governamentais e informações ao público utilizando os meios eletrónicos, a governança eletrónica vai muito além disso, ao permitir que os cidadãos participem ativamente como atores em atividades políticas que ultrapassam os limites de governo, o que inclui democracia eletrónica e voto eletrónico.

Para a Comissão Europeia, o *e-Government* configura uma questão central no quadro das reformas estruturais que os Estados-Membros são chamados a executar, e a interoperabilidade entre as administrações públicas dos EM constitui-se como um pilar fundamental para a concretização de um Mercado Único Digital (Dias, 2016).

Segundo Batista (2017) o modelo de maturidade de *e-Government* adotado pela União Europeia envolve cinco estágios de desenvolvimento: o primeiro estágio, informação, caracteriza-se pela disponibilização de informações governamentais básicas na Internet. O segundo estágio, interação de mão única, apresenta um certo grau de interatividade, sendo possível o *download* de formulários e documentos do governo. No terceiro estágio, interação de mão dupla, a interação com o cidadão permite a submissão de formulários. No quarto estágio, transação, é possível a execução dos serviços totalmente via *online* e há uma interação completa entre governo e cidadão, disponível no sistema 24 x 7. O quinto (e último) estágio, personalização, visa facilitar a usabilidade dos serviços e dar maior comodidade ao cidadão, ao permitir a criação de sistemas de alertas e mensagens.

Para Bilhim e Neves (2007), o governo eletrónico demonstra potencialidades, mas também limitações e desafios quanto à sua implementação e quanto à concretização de práticas. Por outro lado, as iniciativas de Portugal neste campo têm sido reflexo de pressões exógenas, nomeadamente da UE, mas também de ações endógenas, face às necessidades de desenvolvimento social e económico regional, um melhor exercício da cidadania e a integração das TIC no quotidiano dos habitantes de uma cidade ou região. Ao apresentarem os programas de implementação do governo eletrónico em Portugal ao longo do Governo Constitucional, Bilhim e Neves (2007) concluem que para a sua efetivação são essenciais a focalização no cidadão; a interoperabilidade; o envolvimento de todos os funcionários públicos; a reformulação e simplificação dos processos; e a definição de planos concretos e indicadores de avaliação.

Falcão et al. (2014) desenvolveram uma metodologia de avaliação da qualidade dos serviços públicos prestados pela Administração Pública Local, baseada no modelo de Papadomichelaki e Mentzas (2009), intitulado *A Multiple-Item Scale for Assessing*

e-Government Service Quality. Este modelo considera seis critérios para aferir o nível de qualidade dos serviços eletrónicos: facilidade de utilização; confiança; funcionalidade e interação; fiabilidade; conteúdo e apresentação da informação; e suporte ao cidadão (interatividade).

Os autores aplicaram esta metodologia num estudo envolvendo os *websites* digitais dos 18 municípios que constituem a NUTS II – região de Lisboa. Participaram no estudo 11 utilizadores com conhecimentos na área das TIC. Os critérios que apresentaram valores de qualidade mais altos foram a facilidade de utilização, o conteúdo e apresentação da informação (75%); seguidos por confiança (50%), funcionalidade do ambiente interativo, e fiabilidade e suporte ao cidadão (40%).

Polónia et al. (2014), num estudo encomendado pela Direção Regional da Administração Pública do Porto Santo (DRAPS) à Universidade de Aveiro, desenvolveram um modelo conceptual de governo eletrónico, para ser aplicado como piloto na Ilha de Porto Santo, e para posterior ampliação a nível regional. O modelo incorpora as melhores práticas internacionais ao nível dos sistemas e plataformas de governo eletrónico, respeitando as diretivas europeias e nacionais, de forma a garantir a interoperabilidade com os sistemas já existentes ou que serão desenvolvidos no futuro, a nível nacional ou europeu.

Em termos de interoperabilidade, Polónia et al. (2014) salientam que é importante medir os custos de implementação de sistemas que implicam a partilha de informação entre diferentes entidades governamentais, e que se levem em conta questões como a privacidade de dados, articulação de processos de funcionamento entre entidades, e a manutenção e integração de sistemas.

Tendo em vista a lacuna existente na identificação de uma metodologia de qualidade de serviços focada no governo eletrónico local, Sá et al. (2015) propõem a elaboração de uma metodologia que permita avaliar a qualidade dos serviços eletrónicos prestados via internet, a fim de potenciar e elaborar uma estratégia que permita melhorar os serviços oferecidos, aumentando o grau de satisfação de quem os recebe.

3. Metodologia

O objetivo da pesquisa é estudar o governo eletrónico em Portugal sob a ótica dos utilizadores. Esta pesquisa é exploratória e é sobre um tema pouco explorado. É também uma pesquisa descritiva pois descreve o estado atual do governo eletrónico em Portugal. As técnicas estatísticas aplicadas foram de natureza descritiva para se descrever as características de determinado grupo de indivíduos. A recolha de dados foi via um *survey* por questionário (Bryman e Bell, 2015) enviado por e-mail a nível nacional. A abordagem é, assim, quantitativa. O tratamento, análise e interpretação dos dados foram feitos com a ferramenta IBM Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) – na sua versão 27.

O inquérito é composto por 30 questões, sendo que 7 delas se referem à utilização e avaliação do governo eletrónico em Portugal. A tabela 1 apresenta as 7 questões consideradas para este estudo, com a correspondente matriz de respostas.

Perguntas	Matriz de respostas
1. Você considera que Portugal seja um país à frente em termos de Governo Eletrónico (e-Gov)?	Escolha múltipla Sim, não, não tenho a certeza
2. Com que frequência é que você costuma obter informações de órgãos e serviços públicos por meio da Internet?	Escala de Likert Nunca (1), raramente (2), eventualmente (3), frequentemente (4) e sempre (5)
3. Quais as páginas de serviços públicos a que você já acedeu?	Caixas de seleção (admite + 1 resposta) Portal das Finanças (AT) Serviço Nacional de Saúde (SNS) Instituto dos Registos e do Notariado (IRN) Portal das Matrículas Portal do Cidadão (atual ePortugal) Portal da Segurança Social Serviço de Estrangeiros e Fronteiras (SEF) Portal dos Manuais Escolares (MEGA) Balcão do Emprego Público (BEP) Nenhuma Outra (especifique)
4. Como avalia a qualidade das informações disponibilizadas nos portais públicos?	Escala de Likert Muito fraca (1), fraca (2), razoável (3), boa (4), excelente (5) + não sei avaliar
5. De forma geral, como avalia a usabilidade (facilidade de uso) das páginas dos serviços públicos a que acedeu?	Escala de Likert Muito fraca (1), fraca (2), razoável (3), boa (4), excelente (5) + não sei avaliar
6. Como avalia a sua satisfação com os serviços públicos prestados pela Internet?	Escala de Likert Muito insatisfeito (1), insatisfeito (2), razoavelmente satisfeito (3), satisfeito (4), muito satisfeito (5) + não sei avaliar
7. Como avalia a interoperabilidade (diversos sistemas comunicarem-se entre si) dos portais públicos?	Escala de Likert Muito fraca (1), fraca (2), razoável (3), boa (4), excelente (5) + não sei avaliar

Tabela 1 – Perguntas e matriz de respostas do inquérito

O inquérito, que ainda se encontra ativo, teve início em 08/06/2020, e foi instrumentalizado com o recurso à Plataforma *LimeSurvey*, após a aprovação do Encarregado de Proteção de Dados da Universidade de Aveiro. O público-alvo consiste em membros da sociedade portuguesa no geral, maiores de 18 anos, residentes em Portugal Continental e nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores. Para este estudo, foram contabilizadas as respostas completas recebidas até à data de 25/08/2020, totalizando 632 respondentes.

Esta amostra de respondentes é significativa para um nível de confiança de 95% (p=0,05), considerando uma população acima de 100.000 elementos ao infinito (∞), com uma margem de erro de ± 4% (Gil, 2017). Foi realizada uma análise descritiva da distribuição de frequência de todas as variáveis, e aplicada uma análise de correlação de algumas variáveis, utilizando-se o coeficiente de correlação de Spearman.

4. Resultados

4.1. Dados sociodemográficos

Conforme mostra a tabela 2, do total de respondentes do inquérito (n=632), 354 são do género feminino (56,0%), 273 do género masculino (43,2%) e 5 classificaram-se em outros (0,8%).

Género:

	Frequência	Percentagem
Feminino	354	56.0%
Masculino	273	43.2%
Outro	5	0.8%
Total	632	100.0%

Tabela 2 – Género dos respondentes

A faixa etária dos respondentes (tabela 3), distribuiu-se em 18 a 22 anos (19,5%), 23 a 29 anos (16,3%), 30 a 36 anos (9,2%), 37 a 43 anos (12,8%), 44 a 50 anos (17,7%), 51 a 57 anos (13,1%), 58 a 64 anos (8,01%), 64 a 70 anos (2,1%) e acima de 70 anos (1,3%).

Idade (em anos):

	Frequência	Percentagem
18 a 22	123	19.5%
23 a 29	103	16.3%
30 a 36	58	9.2%
37 a 43	81	12.8%
44 a 50	112	17.7%
51 a 57	83	13.1%
58 a 64	51	8.1%
65 a 70	13	2.1%
Acima de 70	8	1.3%
Total	632	100.0%

Tabela 3 – Faixa etária dos respondentes

Todos os distritos de Portugal participaram no estudo, sendo os que têm maior número de participantes os distritos de Aveiro (27,5%), seguido por Lisboa (19,1%), Porto (9,0%), Setúbal (5,9%) e Faro (4,9%), conforme mostra a tabela 4.

A nacionalidade dos respondentes foi predominantemente portuguesa (94,8%). Referindo as outras nacionalidades, predominam brasileiros (2,7%), seguidos por chineses e espanhóis (ambos com 0,3%). Os dados podem ser observados na tabela 5.

As habilitações literárias dos respondentes (tabela 6) variaram de 1º ciclo do ensino básico (0,2%), ensino secundário (10,8%), frequência universitária (10,4%), licenciatura ou bacharelato (19,3%), mestrado ou pós-graduação (25,3%), doutoramento (26,6%), pós-doutoramento (4,0%) a professor com agregação (3,3%). Um respondente

classificou-se em outras (0,2%). Não houve respondentes sem escolaridade, ou com 2º e 3º ciclos do ensino básico.

Distrito onde reside:

	Frequência	Percentagem
Açores	7	1.1%
Aveiro	174	27.5%
Beja	8	1.3%
Braga	14	2.2%
Bragança	7	1.1%
Castelo Branco	16	2.5%
Coimbra	19	3.0%
Évora	12	1.9%
Faro	31	4.9%
Guarda	7	1.1%
Leiria	18	2.8%
Lisboa	121	19.1%
Madeira	16	2.5%
Portalegre	24	3.8%
Porto	57	9.0%
Santarém	20	3.2%
Setúbal	37	5.9%
Viana do Castelo	5	0.8%
Vila Real	17	2.7%
Viseu	22	3.5%
Total	632	100.0%

Tabela 4 – Distrito de residência dos respondentes

Nacionalidade:

	Frequência	Percentagem
Alemã	1	0.2%
Angolana	1	0.2%
Brasileira	17	2.7%
Cabo-verdiana	1	0.2%
Chinesa	2	0.3%
Colombiana	1	0.2%
Espanhola	2	0.3%
Francesa	1	0.2%
Kekistanesa	1	0.2%
Moçambicana	1	0.2%
Neozelandesa	1	0.2%
Polaca	1	0.2%
Portuguesa	599	94.8%
Rumena	1	0.2%
Santomense	1	0.2%
Timorense	1	0.2%
Total	632	100.0%

Tabela 5 – Nacionalidade dos respondentes

Por sua vez, a profissão principal (tabela 7) ficou distribuída entre estudante de licenciatura ou bacharelato (17,1%), estudante de mestrado ou doutoramento (14,2%), professor no ensino básico ou secundário (1,4%), docente no ensino superior (32,0%), investigador (7,8%), função pública técnica ou administrativa (7,3%), cargos de direção na Administração Pública (1,6%), trabalhador por conta de outrem (11,6%),

empreendedor ou dono de um negócio (2,5%), desempregado (1,1%), reformado (0,9%) e outros (2,5%). Não houve nenhuma ocorrência de estudante do ensino secundário nem de dono(a) de casa.

Habilitações literárias concluídas:

	Frequência	Percentagem
1° ciclo (4° ano)	1	0.2%
Agregação	21	3.3%
Doutoramento	168	26.6%
Ensino secundário	68	10.8%
Frequência universitária	66	10.4%
Licenciatura ou Bacharelato	122	19.3%
Mestrado ou Pós-graduação	160	25.3%
Outro (Prof. especialista)	1	0.2%
Pós-doutoramento	25	4.0%
Total	632	100.0%

Tabela 6 – Habilitações literárias dos respondentes

Profissão principal:

	Frequência	Percentagem
Cargos de direção em organizações públicas	10	1.6%
Desempregado(a)	7	1.1%
Docente no ensino superior	202	32.0%
Empreendedor(a) e/ou dono(a) de um negócio	16	2.5%
Estudante de licenciatura/bacharelato	108	17.1%
Estudante de mestrado ou doutoramento	90	14.2%
Função pública (técnico ou administrativo)	46	7.3%
Investigador(a)	49	7.8%
Outro	16	2.5%
Professor(a) no ensino básico ou secundário	9	1.4%
Reformado(a)	6	0.9%
Trabalhador por conta de outrem	73	11.6%
Total	632	100.0%

Tabela 7 – Profissão principal dos respondentes

4.2. Análise das perguntas

Pergunta 1

1. Você considera que Portugal seja um país à frente em termos de Governo Eletrónico (e-Gov)?

	Frequência	Percentagem
Sim	240	38.0%
Não	183	29.0%
Não tenho a certeza	209	33.1%
Total	632	100.0%

Tabela 8 – Liderança de Portugal em termos de *e-Gov*

Conforme mostra a tabela 8, 38,0% dos respondentes consideram que Portugal é um país à frente em termos de *e-Gov*, 29,0% consideram que não, e 33,0% não tem a certeza.

Pergunta 2

De acordo com a tabela 9, 44,5% dos respondentes obtém frequentemente informação de órgãos públicos por meio da Internet, 29,4% eventualmente o fazem, 15,2% raramente o fazem, 8,7% sempre o fazem e 2,2% nunca o fazem.

2. Com que frequência você costuma obter informações de órgãos e serviços públicos por meio da Internet?

	Frequência	Percentagem
Nunca	14	2.2%
Raramente	96	15.2%
Eventualmente	186	29.4%
Frequentemente	281	44.5%
Sempre	55	8.7%
Total	632	100.0%

Tabela 9 –Frequência de obtenção de informações de órgãos públicos pela internet

Pergunta 3

As páginas de serviços públicos mais acedidas (figura 1) foram o Portal das Finanças (94,1% dos respondentes), seguida pelo Portal da Segurança Social (63,9%), Serviço Nacional de Saúde (62,8%), e Portal do Cidadão (ePortugal), com 42,4% dos respondentes. Noutras páginas acedidas (4,0%), sobressai a página da ADSE – Instituto Público de Gestão Participada.

3. Quais páginas de serviços públicos você já acessou?	Percentagem dos respondentes
Portal das Finanças (AT)	94,1%
Portal da Segurança Social	63,9%
Serviço Nacional de Saúde (SNS)	62,8%
Portal do Cidadão (atual ePortugal)	42,4%
Instituto dos Registos e do Notariado (IRN)	34,0%
Balcão do Emprego Público (BEP)	22,5%
Portal das Matrículas	20,4%
Portal dos Manuais Escolares (MEGA)	16,3%
Serviço de Estrangeiros e Fronteiras (SEF)	10,1%
Outros	4,0%
Nenhuma	1,7%

Figura 1 – Páginas de serviços públicos acedidas (elaboração própria, com dados do SPSS)

Pergunta 4

Quanto à qualidade das informações disponibilizadas nos portais públicos (tabela 10), a maioria dos respondentes considera que é boa (52,8%), seguida por razoável (31,2%), excelente (6,2%), fraca (5,5%) e muito fraca (1,7%). 2,5% dos respondentes não souberam avaliar este item.

4. Como avalia a qualidade das informações disponibilizadas nos portais públicos?

	Frequência	Percentagem
Muito fraca	11	1.7%
Fraca	35	5.5%
Razoável	197	31.2%
Boa	334	52.8%
Excelente	39	6.2%
Não sei avaliar	16	2.5%
Total	632	100.0%

Tabela 10 – Qualidade das informações dos portais públicos

Pergunta 5

A facilidade de uso das páginas de serviços públicos (tabela 11) é avaliada como boa por 42,7% dos respondentes, razoável por 37,2%, fraca por 10,8%, excelente por 4,7% e muito fraca por 2,5%. Não souberam avaliar este item um total de 2,1% dos respondentes.

5. De forma geral, como avalia a usabilidade (facilidade de uso) das páginas dos serviços públicos que acessou?

	Frequência	Percentagem
Muito fraca	16	2.5%
Fraca	68	10.8%
Razoável	235	37.2%
Boa	270	42.7%
Excelente	30	4.7%
Não sei avaliar	13	2.1%
Total	632	100.0%

Tabela 11 – Usabilidade dos portais públicos

Pergunta 6

Os respondentes mostraram-se satisfeitos (tabela 12) com os serviços públicos prestados pela internet (41,1%), razoavelmente satisfeitos (35,6%), muito satisfeitos (11,4%), insatisfeitos (7,4%) e muito insatisfeitos (1,1%). 3,3% dos respondentes não souberam dar opinião sobre este item.

6. Como avalia sua satisfação com os serviços públicos prestados pela Internet?

	Frequência	Percentagem
Muito insatisfeito	7	1.1%
Insatisfeito	47	7.4%
Razoavelmente satisfeito	225	35.6%
Satisfeito	260	41.1%
Muito satisfeito	72	11.4%
Não sei avaliar	21	3.3%
Total	632	100.0%

Tabela 12 – Satisfação com serviços públicos prestados pela internet

Pergunta 7

Quanto à interoperabilidade dos portais públicos (tabela 13), foi considerada como sendo razoável por 31,6% dos respondentes, seguida por fraca (25,3%), boa (19,5%), muito fraca (8,1%), e excelente (4,1%). Não souberam dar opinião um total de 11,4% dos respondentes.

7. Como avalia a interoperabilidade (diversos sistemas comunicarem-se entre si) dos portais públicos?

	Frequência	Percentagem
Muito fraca	51	8.1%
Fraca	160	25.3%
Razoável	200	31.6%
Boa	123	19.5%
Excelente	26	4.1%
Não sei avaliar	72	11.4%
Total	632	100.0%

Tabela 13 – Interoperabilidade dos portais públicos

4.3. Análise correlacional

Optou-se por realizar uma análise de correlação nas variáveis ordinais (as perguntas 2, 4, 5, 6, e 7, que utilizaram uma escala de Likert), sendo excluídos os resultados "não sei avaliar" das questões 4 a 7. O método de escolha foi o cálculo do coeficiente de correlação de Spearman (tabela 14), um teste não paramétrico adequado para a associação de variáveis ordinais. Como classificação do grau de correlação, foi utilizado o seguinte parâmetro: fraco quando 0 < r < 0,4; moderado quando 0,4 < r < 0,7 e forte quando 0,7 < r < 1,0 (Hair et al., 2009). Foram consideradas correlações com significância estatística as que apresentaram p≤0,05 e grau de correlação moderado ou forte. Na análise correlacional entre as variáveis referentes à avaliação das dimensões de e-*Government,* observou-se uma correlação moderada positiva entre as seguintes dimensões: "qualidade das informações" com "usabilidade"; "qualidade das informações" com "satisfação com os serviços"; "qualidade das informações" com "interoperabilidade"; "usabilidade" com "satisfação com os serviços"; "usabilidade" com "interoperabilidade"; "satisfação com os serviços" com "interoperabilidade", com um nível de significância de 1%. Isto indica que quando uma dimensão é avaliada como satisfatória a outra correlacionada também tende a ser satisfatória.

Variáveis	(2)	(4)	(5)	(6)	(7)
(2) Frequência de obtenção de informações em portais públicos	1				
(4) Avaliação da qualidade das informações dos portais públicos	0,258**	1			
(5) Avaliação da usabilidade dos portais públicos	0.165**	0.639**	1		
(6) Avaliação da satisfação com os serviços públicos digitais	0.262**	0.644**	0.666**	1	
(7) Avaliação da interoperabilidade dos portais públicos	0.109*	0.413**	0.462**	0.475**	1
*Correlação significativa ao nível de significância de 1% (2 extremidades). **Correlação significativa ao nível de significância de 5% (2 extremidades).					

Tabela 14 – Matriz de Correlações de Spearman entre as Dimensões de *e-Government*.

5. Discussão

O tratamento estatístico dos dados recolhidos com a presente investigação leva-nos em seguida à discussão dos resultados.

Em relação à pergunta 1 (Portugal é um país à frente em termos de governo eletrónico), se somarmos as respostas negativas com as de quem não tem a certeza, chega-se a uma percentagem bastante elevada dos respondentes (quase 2/3) que não reconhecem Portugal como um líder neste domínio, ou pelo menos que têm dúvidas acerca deste papel. Dado que Portugal é um país pouco etnocêntrico (os portugueses não se consideram superiores a outras nacionalidades; contrariamente aos japoneses ou aos alemães,

que são muito etnocêntricos) este resultado não será de admirar muito (Zeira, 1976; Zeira, 1979; Barros et al., 2006; Hammond e Axelrod, 2006; Hales e Edmonds, 2019).

Quanto à frequência com que se obtém informação sobre os órgãos e serviços públicos através da internet (pergunta 2), observa-se que é alta, pois 53% dos respondentes fazem-no com frequência. A percentagem de quem nunca acedeu é de 2%, o que nos leva a crer que as pessoas estão familiarizadas com os meios eletrónicos e se sentem seguras para procurar os serviços digitais.

O Portal das Finanças foi a página mais visitada pelos respondentes (quase a totalidade da amostra já o acessou), o que não causa surpresa, uma vez que a declaração do IRS, as faturas eletrónicas, e os recibos verdes são processados por meio deste canal, de entre outras funcionalidades. Também se pode observar um amplo acesso aos Portais da Segurança Social e do Sistema Nacional de Saúde.

Aparentemente, não há uma questão fulcral no que concerne a qualidade das informações disponibilizadas nos portais públicos (pergunta 4), pois 59% dos respondentes consideram que é boa ou excelente, sendo que 7% considera que é fraca ou muito fraca, e 2% não souberam avaliar.

Quanto à usabilidade das páginas de serviços públicos (pergunta 5), a avaliação é ligeiramente menos positiva, pois a percentagem dos que consideram que é boa ou excelente é de 47%, sendo que os que consideram que é fraca ou muito fraca é de 13%. Da mesma forma que no item anterior, 2% não souberam avaliar.

O grau de satisfação com os serviços públicos prestados pela internet (pergunta 6) é positivo, sendo que 52,5% dos respondentes encontram-se satisfeitos ou muito satisfeitos, e 8,5% encontram-se insatisfeitos ou muito insatisfeitos. Neste item, 3% não souberam avaliar.

A avaliação da interoperabilidade dos sistemas públicos, por sua vez, foi avaliada como fraca ou muito fraca por 33% dos respondentes, uma percentagem razoavelmente mais alta do que os que consideram boa ou excelente (23%). Neste item, a percentagem de respondentes que não souberam avaliar foi mais expressiva (11%).

Da análise correlacional aplicada às questões que avaliaram as dimensões de avaliação do *e-Gov e* a frequência de utilização, observou-se uma correlação positiva moderada entre todas as dimensões: qualidade das informações, usabilidade, satisfação com os serviços e interoperabilidade, isto num nível de significância de 1%. A frequência de utilização, por sua vez, apresentou uma baixa correlação com as dimensões de avaliação.

6. Conclusões

O tema do governo eletrónico tem ganho cada vez mais relevância nas sociedades a nível global, face à procura pela prestação de serviços públicos eficientes, pela redução de custos da máquina administrativa, assim como pela info-inclusão numa esfera de participação política e cidadã.

Este trabalho pretendeu contribuir com uma análise do estado da arte, assim como empiricamente, quanto ao tema da avaliação do governo eletrónico e da prestação de serviços por meio digital, sob a ótica do cidadão utilizador. Os resultados obtidos

com o estudo permitem algumas considerações. No que toca à utilização dos meios eletrónicos para se relacionar com o Governo, observa-se um hábito instituído por parte dos utilizadores, o que corrobora a importância da aplicação das TIC a serviços para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, com uma ampla oferta de serviços em linha (*online*) (Agrawal et al, 2009; Kumar et al, 2007; Dias e Gomes, 2014). Este resultado também vai ao encontro do relatório da Comissão Europeia (2020), ao referir que Portugal se destaca pela oferta de serviços públicos digitais e pela conectividade.

Por outro lado, observa-se um perfil de elevada qualificação dos respondentes, sendo que aproximadamente 78% têm no mínimo a habilitação literária de licenciatura concluída, o que nos leva a notar que a familiaridade com os sistemas de informação e o maior grau de literacia digital estarão relacionados com a formação ao nível do ensino superior.

Na sua generalidade, a avaliação dos itens qualidade das informações dos portais públicos, satisfação com os serviços eletrónicos prestados e a facilidade de uso dos portais mostrou-se bem avaliada pelos utilizadores, nesta ordem. Também foi encontrada uma correlação moderada positiva entre as dimensões de avaliação de *e-Gov* utilizadas no estudo, ou seja, qualidade das informações, usabilidade, satisfação com os serviços e interoperabilidade.

Quando nos referimos à interoperabilidade, no entanto, a questão muda de figura, pois o item recebeu mais avaliações pela negativa do que pela positiva. Esta questão é referida na literatura, sendo que a interoperabilidade é apontada como o pilar fundamental para a unificação digital dos Estados-Membros da União Europeia (Dias, 2016). Bilhim e Neves (2007) também atribuem grande importância ao desenvolvimento da interoperabilidade para a consolidação do Governo Eletrónico em Portugal.

Um resultado surpreendente do estudo é a clara divisão de opiniões sobre Portugal ser um país de destaque em termos de Governo Eletrónico. Devido às avaliações dos itens serem na sua maioria positivas, e os utilizadores estarem habituados à utilização dos serviços eletrónicos, era esperado que os respondentes apresentassem uma perceção mais positiva do papel do governo eletrónico em Portugal. Dado que Portugal é um país pouco etnocêntrico (não favorece pessoas do seu grupo como sendo superiores), este resultado tem sustentação na literatura.

Apesar do estudo agregar uma amostra significativa de respondentes, distribuída pelos distritos, em maior ou menor representatividade, teceremos aqui algumas ponderações sobre as suas limitações. O facto do estudo ter sido respondido por uma parcela significativa de utilizadores com elevadas habilitações literárias pode ter causado um enviesamento, e não retratar a realidade da sociedade portuguesa na sua totalidade.

Um outro fator a considerar é que o inquérito foi divulgado três meses após o início da pandemia do COVID-19 e, como sabemos, no período de confinamento houve esforços consideráveis por parte de todos, Governo, indústria e sociedade, para a digitalização massiva dos processos e serviços, o que envolveu teletrabalho, ensino à distância, consultas médicas e compras *online,* ou seja, todos tivemos, em menor ou maior escala, que desenvolver competências digitais para fazer frente às novas necessidades. Se o inquérito tivesse sido realizado antes deste cenário, é possível que apresentasse outros resultados, como uma menor habituação à utilização dos serviços públicos *online*.

Estudos futuros poderão incidir sobre outros países da Europa. Poderá também analisar-se a perceção dos serviços de acordo com dados demográficos – género, idade, e nível educacional, por exemplo.

Referências

Agrawal, A., Shah, P. e Wadhwa, V. (2009). EGOSQ - User´s assessment of e-governance online-services. *Computer Society of India*, 231-244.

Barros, A., Au-Yong-Oliveira, M. e Barandas, H. The cultural determinants of international business loyalty: a case study of Japanese and Portuguese firms. *In Proceedings of the 32nd EIBA Annual Conference*. Fribourg, Switzerland. EIBA - European International Business Academy.

Batista, N. V. (2017). *Política do governo eletrónico: a maturidade do e-Gov nos municípios brasileiros*. [Tese de Doutoramento em Políticas Públicas, Departamento de Ciência Política e Políticas Públicas, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa]. https://repositorio.iscte-iul.pt/handle/10071/16608

Bilhim, J. A. F. e Neves, B.B. (2007). O governo electrónico em Portugal: o caso das cidades e regiões digitais. In Coelho, J.D.C. (Coordenador). *Sociedade da informação: o percurso português – Dez anos de sociedade da informação. Análise e perspectivas*, (pp. 369-388). Lisboa, Portugal: Edições Sílabo.

Bryman, A., Bell, E. (2015). *Business research methods*. 4th edition. Oxford: Oxford University Press.

Comissão Europeia (2020). *Índice de Digitalidade da Economia e da Sociedade (IDES) de 2020: Portugal*. https://www.adcoesao.pt/sites /default/files/noticias/desi2020_portugal.pdf

Dias, G.P. e Gomes, H. (2014). Evolution of local e-government maturity in Portugal. In *Proceedings of the 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2014), (*pp. 395-399). Barcelona, Espanha: AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação.

Dias, F. F. (2016). O Mercado único digital europeu. *Análise Europeia*, 1(2), 17-41.

EcoSapo (2020). *Simplex português vai ser exportado para o Paraguai com apoio do BID*. EcoSapo. https://eco.sapo.pt/2020/06/04/simplex-portugues-vai-ser-exportado-para-o-paraguai-com-apoio-do-bid/

ePortugal (2020). Aplicação id.gov.pt nomeada para representar Portugal nos WSA 2020. https://eportugal.gov.pt/pt/noticias/aplicacao-id-gov-pt-nomeada-para-representar-portugal-nos-wsa-2020.

Falcão, R.L, Monteiro, M.H e Marques, C.G. (2014). O nível de qualidade oferecido pelos serviços eletrónicos na Administração Pública Local em Portugal. Um caso de estudo na NUTS II – Lisboa. *In Proceedings da 14ª. Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação (CAPSI 2014),* (pp. 225-248). Évora, Portugal: Associação Portuguesa de Sistemas de Informação. ISSN 2183-489X. DOI http://dx.doi.org/10.18803/capsi.v14.225-248.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. 6ª edição. Bookman Editora.

Hales, D. e Edmonds, B. (2019). Intragenerational Cultural Evolution and Ethnocentrism. *Journal of Conflict Resolution*, 63(5), 1283-1309.

Hammond, R. A., Axelrod, R. The Evolution of Ethnocentrism. *Journal of Conflict Resolution*, 50 (6), 926-936.

Jinmei, H. (2011). Quality evaluation of e-government public service. In *Proceedings of the International Conference on Management and Service Science (MASS)*, (pp. 1-4). Wuhan, China: IEEE - Institute of Electric and Electronic Engineers.

Jornal de Negócios (2018). Simplex português vai ser exportado para Marrocos. Jornal de Negócios. https://www.jornaldenegocios.pt/economia/detalhe/simplex-portugues-vai-ser-exportado-para-marrocos

Kumar, V., Mukerji, B., Butt, I. e Persaud, A. (2007). Factors for successful e-government adoption: a conceptual framework. *The Electronic Journal of e-Government*, 5(1), 63-76.

Madureira, C. e Rodrigues.M. (2006). A administração pública do século XXI: aprendizagem organizacional, mudança comportamental e reforma administrativa. *Comportamento Organizacional e Gestão*, 12(2), 153-171.

Marques, C. G, Silva, V. G. e Campos, R. (2007). O governo electrónico em Portugal: um estudo com alunos de administração pública. *Revista Superavit - Revista de Gestão e Ideias*, 1(1), 48-63.

Marques, M. C. C. (2016). A governação pública na era digital: o caso português. Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestion, 14(27), 1-13. ISSN/ISBN: 1696-294X.

Mateus, J.C. (2008). O governo electrónico, a sua aposta em Portugal e a importância das tecnologias de comunicação para a sua estratégia. *Revista de Estudos Politécnicos*, 6(9),

Millard, J., Iversen, J., Kubicek, H., Westholm, H. e Cimande, R. (2004). Reorganisation of government back-offices for better electronic public services – European good practices (back-office reorganisation). Study Report, Danish Technological Institute and Institut für Informationsmanagement - GmbH.

Nunes, S., Martins, J., Branco, F., Gonçalves, R. e Au-Yong-Oliveira, M. (2017). An initial approach to e-government acceptance and use: a literature analysis of e-Government acceptance determinants. In *Proceedings of the 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, (CISTI 2017)*, (pp. 2179-2185). Lisboa, Portugal: AISTI Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação. DOI: 10.23919/CISTI.2017.7976044. IEEE.

Papadomichelaki, X. e Mentzas, G. (2009). A multiple-item scale for assessing e-government service quality. In Wimmer, M. A., Scholl, H.J., Janssen, M. e Traunmüller, R. (eds). *E-gov 2009: electronic government*, (pp. 163-175). Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-03516-6_14.

Pereira, A. e Patrício, T. (2016). *Guia prático de utilização do SPSS – Análise de dados para Ciências Sociais e Psicologia* (8ª. Ed.), Edições Sílabo.

Polónia, D. F., Dias, G. P. e Rafael, J. A. (2014). Planeamento estratégico na implementação de sistema regional de governo eletrónico: o caso de Porto Santo. In *Proceedings of the 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2014)*, (pp. 353-358). Barcelona, Espanha: AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação.

Rocha, A., Silva, C., Lamas, M., Castro, R. e Silva, S. (2005). Governo electrónico nas juntas de freguesia: situação na região do Minho. *In Actas da 5ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação* [CD-ROM]. Bragança, Portugal: Associação Portuguesa de Sistemas de Informação. ISBN 972-95246-3-7.

Sá, F., Rocha, A. e Cota, M.P. (2015). Dimensões preliminares para um modelo de qualidade de serviços de governo eletrónico local. In *Proceedings of the 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2015)*, (pp. 1-10). Aveiro, Portugal: AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação.

Yoo, B. e Donthu, N. (2005). The effect of personal cultural orientation on consumer ethnocentrism: evaluations and behaviours of U.S. consumers toward Japanese products. *Journal of International Consumer Marketing*, 18 (1/2).

Zeira, Y. (1976). Management Development in Ethnocentric Multinational Corporations. *California Management Review,* 4 (Summer), 34-40.

Zeira, Y. (1979). Ethnocentrism in host country organizations. *Business Horizons,* 3 (June), 66-75.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/10/2020
Aceitação/Acceptance: 04/12/2020

Implementación y evaluación de la fusión de imágenes usando Google Earth Engine y Matlab con imágenes Landsat 8

Edwin Hurtado[1], Nelson Enrique Vera-Parra[2], Javier Medina[3]

ehhurtadoc@correo.udistrital.edu.co; neverap@udistrital.edu.co; rmedina@udistrital.edu.co

[1-2-3] Proyecto Curricular Maestría en Ciencias de la información, Facultad de ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Carrera 7 No. 40B - 53. 110231, Bogotá D. C., Colombia.

Pages: 604-617

Resumen: En este artículo se desarrolla el algoritmo matemático de la Transformada RGB-HSV para la fusión de imágenes de satélite. Tres temáticas importantes son abordadas; la primera corresponde a una introducción matemática para implementar la fusión de imágenes usando la transformada RGB-HSV. La segunda corresponde a la implementación del desarrollo algorítmico de la Transformada en Google Earth Engine y Matlab, usando una imagen satelital Landsat 8 OLI TIRS. La tercera se dedica a la evaluación con el fin de determinar la eficiencia de la Transformada RGB-HSV. Las dos imágenes fusionadas resultantes fueron evaluadas tanto en calidad espacial como espectral a través de cuatro índices: el coeficiente de correlación, y los índices RASE, ERGAS y de calidad universal Qu. Los mejores resultados de la evaluación fueron obtenidos con la imagen fusionada con el algoritmo RGB-HSV implementada en Matlab la cual preserva la riqueza espectral y mejora su calidad espacial.

Palabras-clave: Fusión; RGB-HSV; GEE; Imágenes satelitales.

Implementation and assessement *of image fusion using Google Earth Engine and Matlab with Landsat 8 images*

***Abstract*:** This article develops the mathematical algorithm of the RGB-HSV Transform for merging satellite images. Three important topics are addressed; the first topic corresponds to a mathematical introduction to implement image fusion using the RGB-HSV transform. The second theme corresponds to the implementation of the algorithmic development of the transform using Google Earth Engine and Matlab, using a Landsat 8 OLI TIRS satellite image. The third topic is dedicated to the evaluation in order to determine the efficiency of the RGB-HSV Transform. The two resulting merged images were evaluated for both spatial and spectral quality through four indices, namely: the correlation coefficient, the RASE index, the ERGAS index, and the universal quality index Qu. The best results of the evaluation were obtained with the image fused with the RGB-HSV algorithm, implemented in Matlab, which preserves the spectral richness and improves its spatial quality.

Keywords: Fusion; RGB-HSV; GEE; Satellite images

1. Introducción

En procesamiento de imágenes, una imagen pancromática, es aquella que generalmente contiene un par de cientos de nanómetros de ancho de banda, el cual permite mantener un alto ruido de señal, lo que hace que los datos pancromáticos estén disponibles con una alta resolución espacial. Estas imágenes se pueden recopilar con una resolución más alta, ya que el rango espectral permite que los detectores más pequeños se utilicen mientras se mantiene la alta relación señal-ruido (https://eos.com/panchromatic/). A diferencia de la imagen pancromática, una imagen multiespectral se compone de varias bandas generalmente correlacionadas de diferentes longitudes de onda, pero con una calidad espacial menor que la pancromática. Así, en una imagen pancromática de alta resolución espacial (PAN), las características geométricas generales pueden identificarse sin esfuerzo, mientras que las imágenes multiespectrales (MS) incorporan información espectral más próspera. Las capacidades de las imágenes pueden mejorarse si los beneficios de una alta resolución espacial y espectral juntas se pueden combinar en una sola imagen (Shi, 2011) (Jagadeesh, 2018). Por lo tanto, las estructuras integrales de una imagen tan cohesiva pueden reconocerse básicamente y ayudarán a numerosas aplicaciones, por ejemplo, estudios urbanísticos y ambientales. Es por esto, que diversos métodos de fusión se han desarrollado, tales como la transformación RGB a IHS, Brovey, Multiplicación, Componentes principales, A Trous, entre otros.

Por otra parte, Google Earth Engine (GEE) es una herramienta que provee un entorno web y un API (Interfaz de programación de aplicaciones) en JavaScript y Python para el procesamiento de imágenes satelitales en diferentes bandas, coordenadas e instantes de tiempo, que son proveídas por la NASA y la UGSG a partir de los sensores de varios de sus satélites, entre ellos Landsat 8. Así entonces, este trabajo se centra en tres aspectos principales. El primero es una introducción matemática de la transformada RGB-HSV. El segundo se encarga de la implementación de la metodología para la fusión de imágenes satelitales usando Transformada RGB-HSV, con las herramientas GEE y Matlab. El tercero hace referencia a la comprobación del rendimiento de las implementaciones y su evaluación cualitativa, que se realiza con cuatro índices, específicamente, el coeficiente de correlación, el índice RASE, el índice ERGAS, y el índice de calidad universal Qu.

2. Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma en desarrollo basada en la nube que brinda acceso a petabytes de datos de imágenes satelitales para el análisis a escala planetaria. La combinación de esta enorme base de datos con el poder de cómputo paralelo de la infraestructura de Google facilita el análisis rápido y sencillo de imágenes de satélite a cualquier escala, lo que abre nuevas vías para la investigación en varios campos (Liss et al., 2017). Además, provee una biblioteca de interfaces de programación de aplicaciones (API) con entornos de desarrollo que admiten lenguajes de codificación como JavaScript y Python. Estas características permiten a los usuarios descubrir, analizar y visualizar Big Data geoespacial de formas poderosas sin necesidad de acceso a supercomputadoras o experiencia en codificación especializada (Tamiminia et al., 2020). Además, GEE brinda herramientas analíticas (similares a otros softwares de geoprocesamiento como ArcGIS) para investigar y manipular imágenes satelitales, y los usuarios también tienen

la libertad de crear scripts personalizados específicos para preguntas de investigación específicas. GEE y su catálogo de datos son accesibles para los usuarios aprobados a través de dos plataformas basadas en la web y sus API. Las herramientas web son GEE Explorer (el cual permite al usuario ver y analizar imágenes de satélite con un conjunto limitado de herramientas incluidas) y Code Editor que permite a los usuarios personalizar completamente el análisis deseado mediante la programación en código JavaScript. Sus API son proporcionadas en JavaScript o Python mediante bibliotecas de código abierto. GEE proporciona cientos de operaciones matemáticas y espaciales que se pueden realizar en imágenes usando el Code Editor o las API, entre ellos, la posibilidad de seleccionar un conjunto de imágenes del satélite Landsat y filtrarlos por un rango de fechas, seleccionar la imagen con menor nubosidad, seleccionar diferentes bandas, hacer correlaciones, entre otros. Así, las dos estructuras de datos geográficos más fundamentales en GEE son *Image* (Imagen) y *Feature* (Característica) correspondientes a tipos de datos ráster y vectoriales, respectivamente. Las imágenes están compuestas por bandas y un diccionario de propiedades, mientras que las características se componen de una geometría y un diccionario de propiedades. Una pila de imágenes (por ejemplo, una serie temporal de imágenes) es manejada por *ImageCollection* mientras que una colección de características es manejada por *FeatureCollection*. Otras estructuras de datos fundamentales en GEE incluyen Diccionario, Lista, Matriz, Fecha, Número y Cadena (https://developers.google.com/earth-engine/guides/getstarted). Además, es posible a algunos objetos (como *Image*) aplicar métodos y algoritmos, como agregar y concatenar bandas, seleccionar una imagen de una colección o actualizar una máscara. En las siguientes secciones se describirá sucintamente la herramienta y algunos objetos y métodos usados.

2.1. Code Editor

El editor de código es una herramienta web que ofrece la posibilidad de explorar las imágenes de forma visual, así como de hacer consultas y transformaciones mediante código que puede ser desarrollado por el usuario o ejemplos proporcionados por la misma interfaz.

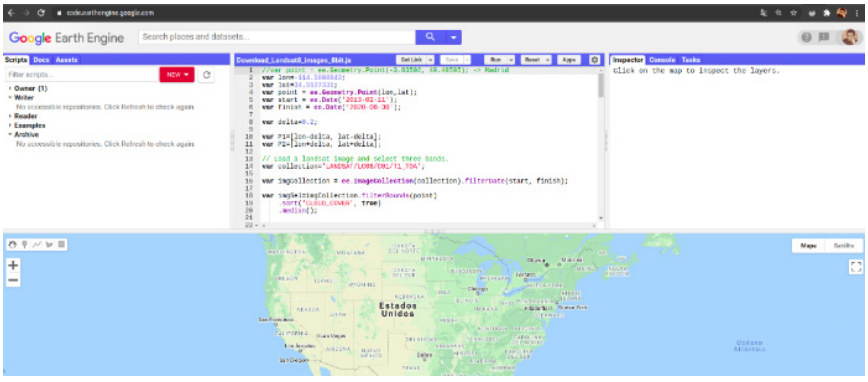


Figura 1 – Interfaz de Google Earth Engine

En la parte izquierda se encuentra un explorador de scripts, donde pueden verse los archivos de los usuarios (*owner* para los archivos del dueño del repositorio, *writer* para los que no son del dueño pero que puede escribir y *reader* para los archivos que solo se pueden leer), así como algunos ejemplos. En esta sección también se encuentra la pestaña de Documentación en la que puede verse los comandos, algoritmos y funciones aplicables a las imágenes, y Recursos, que son archivos que pueden ser usados por el usuario (como imágenes). En la parte central, se encuentra el editor de código, que permite editar y ejecutar código en JavaScript (en los siguientes apartados se describirán algunos de los métodos y funciones usados). En la parte derecha se encuentran 3 pestañas, la primera permite visualizar las propiedades de las capas, en la segunda se visualizan los mensajes del código, tanto los que son especificados por el usuario (mediante el método *print*), como los errores, y en la última pestaña se encuentran las tareas, las cuales son operaciones computacionales que requieren gran poder de cómputo. En la parte inferior se encuentra el mapa, el cual es una vista interactiva que permite seleccionar zonas, acercarlas y alejarlas, y manejar diferentes capas, entre ellas la vista de satélite.

2.2. Image y ImageCollection

Como se mencionó anteriormente, una imagen representa datos ráster, está compuesta por bandas y un diccionario de propiedades. Cada banda tiene su propio nombre, tipo de datos, escala, máscara y proyección. Una imagen se puede cargar con un identificador (el cual se puede encontrar el identificador de imagen en el catálogo de datos, con la herramienta de búsqueda de GEE o usando un recurso (*asset*) personal) de GEE en el constructor *ee.Image*. Un *ImageCollection* es una pila o secuencia de imágenes. Como con *Image*, es posible cargar un *ImageCollection* con un identificador de recurso de GEE. Por ejemplo, uno de los identificadores de los satélites Sentinel es 'COPERNICUS/S2_SR' mientras que para Landsat es 'LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA'.

2.3. Geometry

GEE maneja datos vectoriales con el tipo *Geometry*. La especificación GeoJSON describe en detalle el tipo de geometrías admitidas por GEE, incluyendo *Point* (una lista de coordenadas en alguna proyección), *LineString* (una lista de puntos), *LinearRing* (una *LineString* cerrada) y *Polygon* (una lista de *LinearRings* donde el primero es una concha y los anillos subsiguientes son agujeros). GEE también es compatible con *MultiPoint*, *MultiLineString* y *MultiPolygon*. GeoJSON *GeometryCollection* también es compatible, aunque tiene el nombre *MultiGeometry* dentro de GEE. Es posible crear una geometría mediante las herramientas de geometría del Code Editor o pasando las coordenadas como argumento.

2.4. Filtrado y orden

GEE proporciona una variedad de métodos prácticos para filtrar colecciones de imágenes. Específicamente, *imageCollection.filterDate()* (que filtra por un rango de fechas) e *imageCollection.filterBounds()* (que crea un filtro que pasa si la geometría del objeto se cruza con la geometría dada) manejan muchos casos de uso comunes. Para el filtrado de propósito general, es posible usar el método *imageCollection.filter()* con un *ee.Filter* como argumento. Además, es posible crear filtros que permitan evaluar operadores

unarios creando expresiones donde su resultado depende de si es mayor, menor o igual a la condición dada. Por otra parte, con GEE es posible ordenar colecciones mediante algunas propiedades clave como CLOUD_COVER.

2.5. Capas

Para visualizar los datos geográficos, GEE proporciona el objeto método *addLayer* sobre el objeto *Map*, el cual, al ser agregado sin ningún parámetro especial, asigna las 3 primeras bandas a rojo, verde y azul respectivamente. El estiramiento predeterminado se basa en el tipo de datos de la banda (por ejemplo, los flotantes se extienden en [0,1], los datos de 16 bits se extienden al rango completo de valores posibles), lo que puede ser adecuado o no. Para lograr efectos de visualización deseables, puede proporcionar parámetros de visualización a *Map.addLayer()*.

2.6. Exportar imágenes

Una de las características más importantes es capacidad de exportar datos como imágenes, mapas, tablas, video y baldosas, a una cuenta de Google Drive, a una cuenta de Google Cloud Storage o dejarlas como un recurso. Para almacenarlas en Google Cloud Storage, es necesario activar el servicio de billing, dado que es un servicio de pago. Es posible exportar imágenes en los formatos GeoTIFF o TFRecord Los métodos usados se aplican al objeto *Export.image* son: *toDrive()*, *toCloudStorage()* y *toAsset()*, para exportarlos a Drive, Storage o como recurso, respectivamente. Los parámetros de configuración para exportar imágenes incluyen: *image* (la imagen a exportar), *description* (la descripción aportada por el usuario) *scale* (la escala de resolución de la imagen), *region* (la geometría que se seleccionó para el análisis), *fileFormat* (el tipo de archivo que se va a exportar), *maxPixels* (que previene que grandes exportaciones sean creadas), *formatOptions* (algunas opciones de optimización del formato), *fileNamePrefix* (el prefijo de la imagen) Luego de ejecutar el método *toDrive()*, se creará una tarea en el área *tasks*, que debe ser ejecutada por el usuario, especificando el directorio donde va a ser guardada la imagen.

3. Transformación RGB-HSV

Un modelo o espacio de color indica la manera en que un color está definido. Generalmente, un espacio de color está determinado por una base de n vectores, cuyas combinaciones lineales generan todos los elementos del espacio. Entre mayor sea el número de vectores, el espacio comprenderá una mayor cantidad de colores reales. Por mencionar algunos ejemplos (González & Woods, 2008; Foley & Van Dam, 1982): un espacio de una dimensión corresponde a la escala de grises; un espacio de dos dimensiones representa los planos RG, GB y BR que son variedades del amarillo, cian y magenta respectivamente; un espacio tridimensional es el espacio RGB (Red, Green, Blue), HSV (Hue, Saturation, Value), HSI (Hue, Saturation, Intensity) o YIQ (luminance, in-phase, quadrature); un espacio de cuatro dimensiones corresponde al CMYK (Cyan, Magenta, Yellow & Key/Black) ampliamente utilizado en la impresión a color.

Para el procesamiento digital de imágenes, y en especial para la fusión de imágenes de satélite se utiliza la conversión de espacios de color con el fin de inyectar la riqueza

espacial de la imagen pancromática, según el modelo, a las componentes de color Intensidad, Luminancia o Value.

HSV tienen la definición de tono (h), pero los otros componentes son valores de saturación (s) y value (v) de color HSV se definen como sigue:

Tono

$$h = \begin{cases} 0^o & si\ \max = \min \\ 60^o \times \dfrac{g-b}{\max - \min} + 0^o, & si\ \max = r\ y\ g \geq b \\ 60^o \times \dfrac{g-b}{\max - \min} + 360^o, & si\ \max = r\ y\ g < b \\ 60^o \times \dfrac{b-r}{\max - \min} + 120^o, & si\ \max = g \\ 60^o \times \dfrac{r-g}{\max - \min} + 240^o, & si\ \max = b \end{cases} \quad (1)$$

El valor de h generalmente se normaliza para estar entre 0 y 360 °. Y h = 0 se usa cuando max = min (definido como gris) en lugar de dejar h indefinido.

$$s = \begin{cases} 0 & si\ \ \max = 0 \\ \dfrac{\max - \min}{\max} = 1 - \dfrac{\min}{\max}, & otros\ casos \end{cases} \quad (2)$$

$$v = \max \quad (3)$$

3.1. Fusion de imágenes

La fusión de imágenes de teledetección de muy alta resolución o pan-sharpening consiste en añadir o inyectar la información espacial que contiene la imagen pancromática a las bandas espectrales de la imagen Multiespectral, preservando las características espectrales de ésta. Sin embargo, en este proceso se introducen distorsiones, además de las inherentes al registro de los datos Multiespectral y Pancromática. En este contexto, para intentar evitar este inconveniente, a lo largo de la última década se han desarrollado multitud de algoritmos de pansharpening (Vivone, Alparone et al. 2015). Sin embargo, no existe en la actualidad ninguno que se postule como la solución óptima para la fusión de imágenes.

4. Materiales y Métodos

La fusión se realiza con una imagen Landsat 8 OLI – TIRS, verdadero color (composición RGB) y una imagen pancromática del mismo sensor. La imagen pancromática sirve como referencia de la resolución espacial de mayor detalle. La implementación se r*ealiza tanto usando GEE y Matlab.

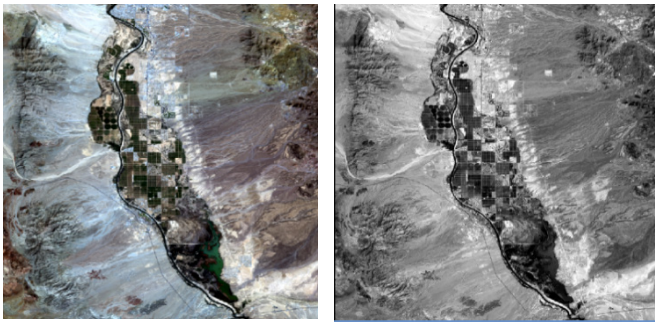
Matlab (MATrix LABoratory) es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio. El paquete Matlab

dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI).

Por otra parte, GEE provee dos API para el procesamiento de sus imágenes, una en Python (la cual es usada para un trabajo local, es un poco más limitada en cuanto a sus funciones proporcionadas por GEE pero que puede ser muy poderosa combinada con las bibliotecas en el entorno local), y la otra en JavaScript (la cual posee tanto una biblioteca alojada en GitHub como su IDE basado en la Web y es mucho más poderoso porque usa el poder de cómputo de Google). Esta última es la que será usada dado que la idea es hacer la fusión con las herramientas que provee directamente Google

4.1. Zona de Estudio

El área de estudio se localiza en Texas (Estados Unidos), específicamente en el sector con las coordenadas [[[-114.75572869999999, 34.8163929], [-114.5557287, 34.8163929], [-114.5557287, 35.0163929], [-114.75572869999999, 35.0163929], [-114.75572869999999, 34.8163929]]], de una sub imagen Landsat 8 OLI-TIRS tanto pancromática (PAN) como multiespectral (MULTI). La sub imagen PAN tiene una resolución espacial de quince (15) metros y es el promedio de un rango de fechas, su sistema de referencia corresponde a Geographic (lat/lon) WGS 84. La sub imagen MULTI cuenta con once canales, pero solo tres canales son usados en esta investigación (R-rojo, G-verde y B-azul) y tiene una resolución espacial de treinta (30) metros; fue adquirida la misma fecha que la PAN y tiene el mismo sistema de referencia. Las dos imágenes fueron recortadas con un ancho de 2790 y de alto 2791 pixeles (figura 2).



a) b)

Figura 2 – a) Sub imagen MULTI y b) sub imagen PAN de tamaño 4096x4096.

4.2. Implementación de la Transformada RGB-HSV para la fusión de imágenes Landsat 8 usando Google Earth Engine y Matlab

Sucintamente y como resultado de esta investigación se proponen dos pasos para la implementación de la transformada RGB-HSV para la fusión de imágenes satelitales

Landsat 8. Este proceso se realiza de la misma manera tanto en Google Earth Engine y el software Matlab; además puede aplicarse a cualquier tipo de imagen a fusionar.

Paso 1. Registrar una composición a color RGB (verdadero color) de la imagen MULTI con la imagen PAN, usando el mismo tamaño de píxel de esta última (15 metros). Transformar la imagen RGB en componentes HSV (Tono y Saturación y Value). Se iguala el histograma de la imagen PAN al del componente V para obtener PanV=N-V.

Paso 2. Generar una nueva composición HSV (N-IHS), uniendo la N-V junto con las componentes originales H y S (obtenidas en el paso 1). Realizar la transformación HSV a RGB, usando la nueva composición y obteniendo N-HSV. De esta manera se obtiene la nueva imagen multiespectral (Rfus, Gfus, Bfus) que corresponde a la nueva imagen fusionada N-RGB, que degr*ada en menor valor la resolución espectral ganando así la resolución espacial.*

4.3. Evaluación de la efectividad de la implementación de la Transformada RGB-HSV para la fusión de imágenes usando Google Earth Engine

Para la evaluación y análisis de los resultados de las imágenes fusionadas usando la RGB-HSV implementadas tanto en Matlab como en Python, se utilizaron los siguientes índices: coeficiente de correlación (corr), índice RASE, índice ERGAS índice de calidad universal Qu, los cuales se describen a continuación.

1. Coeficiente de correlación (corr)

La correlación entre las diferentes bandas $corr(A/B)$ de las imágenes fusionadas y las bandas de la imagen original se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$corr(A/B) = \frac{\sum_{j=1}^{npix}\left(A_j - \bar{A}\right)\left(B_J - \bar{B}\right)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{npix}\left(A_j - \bar{A}\right)\sum_{j=1}^{npix}\left(B_j - \bar{B}\right)}} \quad (1)$$

Donde $\bar{A}$ y $\bar{B}$ son los valores de la media de las imágenes correspondientes, $corr(A/B)$ varía entre –1 y +1 y es una cantidad adimensional (ver tabla 1), es decir no depende de las unidades empleadas. El valor ideal de la correlación, tanto espectral como espacial, es 1 (Murray,1999).

2. Índice ERGAS

La evaluación de la calidad de las imágenes fusionadas se ha llevado a cabo mediante los índices ERGAS espectral y espacial (ver tabla 2). La definición de ERGAS espectral (Wald, 2002) viene dada por la ecuación 2:

$$ERGAS_{Espectral} = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}}\sum_{i=1}^{N_{Bandas}}\left[\frac{(RMSE_{Espectral}(Banda^i))^2}{(MULTI^i)^2}\right]} \quad (2)$$

Donde h y l representan la resolución espacial de las imágenes PAN y $MULTI$; NBandas es el número de bandas de la imagen fusionada; $MULTI^i$ es el valor de la radiancia de la banda $i-ésima$ de imagen MULTI (Wald, 2000) y RMSE será definida como sigue (3):

$$RMSE_{Espectral}(Banda^i) = \frac{1}{NP}\sqrt{\sum_{i=1}^{NP}(MULTI^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (3)$$

Siendo NP el número de píxeles de la imagen $FUS^i(x,y)$. Adicionalmente, Lillo y su equipo (2005) proponen otro índice, denominado $ERGAS_{Espacial}$ que está inspirado en el índice ERGAS espectral (Lillo-Saavedra, Gonzalo, Arquero, & Martinez, 2005). El objetivo del índice $ERGAS_{Espacial}$ es evaluar la calidad espacial de las imágenes fusionadas, por lo que se define como (4):

$$ERGAS_{Espacial} = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}}\sum_{i=1}^{N_{Bandas}}\left[\frac{(RMSE_{Espacial}(Banda^i))^2}{(PAN^i)^2}\right]} \quad (4)$$

Donde $RMSE_{Espacial}$ es definido como sigue en la ecuación 5:

$$RMSE_{Espacial}(Banda^i) = \frac{1}{NP}\sqrt{\sum_{i=1}^{NP}(PAN^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (5)$$

Los mejores resultados de éstos índices (ERGAS espacial y espectral) se obtienen cuando es más cercano a cero.

3. Índice RASE

El índice RASE se expresa como un porcentaje (ecuación 6):

$$RASE = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{(RMSE(B_i))^2}{M_i^2}\right]} \quad (6)$$

Donde h es la resolución de la imagen de alta resolución especial (PAN) y l es la resolución de la imagen de baja resolución espacial (MULTI) (Wald, 2000). Los mejores resultados se obtienen cuanto el porcentaje está más cerca a cero.

4. Índice de calidad universal Qu

Este modelo de índice de calidad identifica cualquier distorsión como una combinación de tres factores: pérdida de correlación, distorsión de luminancia y contraste de distorsión (Wang & Bovink, 2002). El índice se obtiene con ecuación 7.

$$Qu = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x\sigma_y}\cdot\frac{2\bar{x}\,\bar{y}}{(\bar{x})^2+(\bar{y})^2}\cdot\frac{2\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2+\sigma_x^2} \quad (7)$$

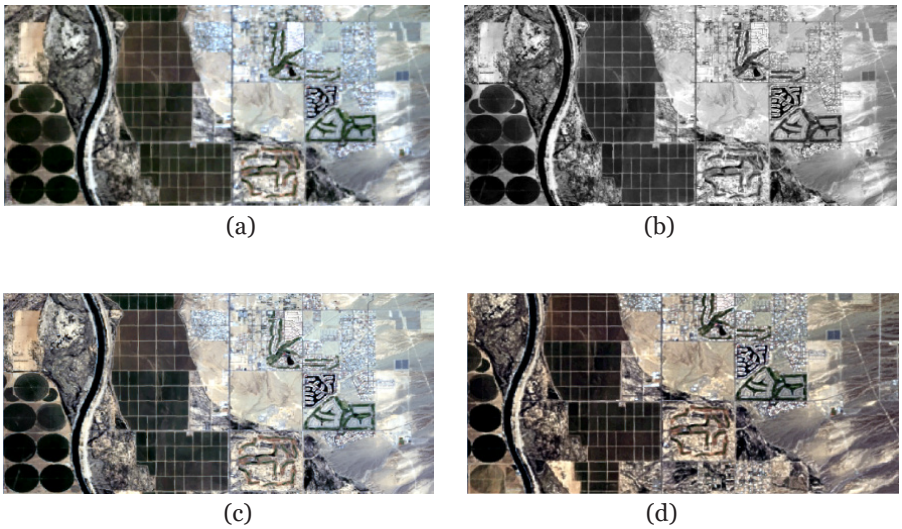
Los mejores valores de este índice se obtienen cuando el valor es más cercano a uno.

5. Resultados y análisis de resultados

Los resultados se presentan en un primer tiempo desde el punto de vista cualitativo, y posteriormente se presentan cuantitativamente.

5.1. Resultados cualitativos de la implementación RGB-HSV para la fusión de imágenes Landsat 8 en GEE y Matlab

La figura 4 muestra el resultado obtenido con la fusión de imágenes, usando tanto GEE como Matlab, se muestra la imagen de referencia, a saber, tanto la imagen PAN como la imagen MULTI. En cuanto a la figura 5, muestra un detalle de las sub-escenas de las imágenes originales MULTI (figura 5a) y PAN (figura 5b), y su respectiva imagen fusionada en GEE y Matlab. La imagen MULTI original no permite una correcta identificación de cultivos, ni de los cuerpos de agua; de la misma manera tampoco permite una clara identificación las diferentes estructuras que no contiene tanto detalle, y que se visualizan claramente en la imagen PAN. De manera contraría la imagen PAN no permite visualizar los colores que se presentan en la zona con vegetación, ni las diferencias de tonalidad en las diferentes estructuras hechas por el hombre que si son visibles en la imagen MULTI.



(a) (b)

(c) (d)

Figura 4 – a) Detalle de la sub-Imagen MULTI, b) Detalle de la sub-Imagen PAN, c) sub-imagen fusiona con RGB-HSV implementada en GEE, d) sub-imagen fusiona con RGB-HSV implementada en Matlab.

Analizando las imágenes fusionadas mediante la transformada RGB-HSV implementada en GEE (figura 5c) y Matlab (figura y 5d) se puede discriminar de manera más clara la

estructura urbana, los cuerpos de agua en las imágenes fusionadas con respecto a la imagen multiespectral (figura 5a)

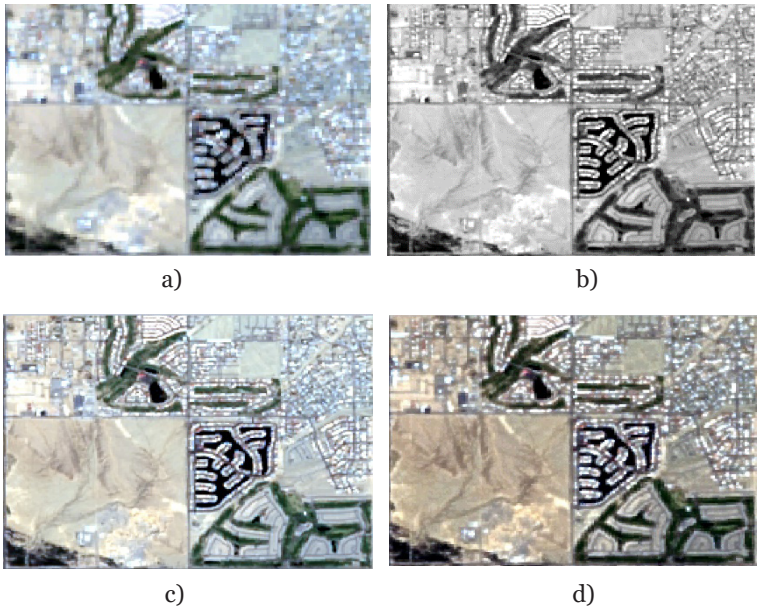


Figura 5 – a) Detalle de la sub-Imagen MULTI, b) Detalle de la sub-Imagen PAN, c) Detalle de la sub-imagen fusiona con RGB-HSV usando GEE, d) Detalle de la sub-imagen fusiona con RGB-HSV implementada en Matlab

5.2. Resultados cuantitativos de la implementación de la RGB-HSV para la fusión de imágenes Landsat-8

La evaluación de la efectividad de la implementación RGB-HSV en GEE y Matlab para la fusión de imágenes Landsat 8, se presenta en las tablas del 1 al 3. La tabla 1 muestra los resultados de la correlación espacial y espectral de las imágenes fusionadas en GEE y en Matlab.

Fusión de Imágenes por	corr Espacial			corr Espectral		
	R	G	B	R	G	B
RGB-HSV Matlab	**0.974**	**0.971**	0.947	0.975	0.968	0.951
RGB-HSV GEE	0.963	0.951	0.924	0.963	0.951	0.924

Tabla 1 – Evaluación de la calidad cuantitativa de la imagen fusionada Landsat 8 a través de la correlación espacial y espectral.

Analizando los resultados de correlación tanto espacial como espectral se evidencia que los máximos valores se obtienen en cada una de las tres bandas (RGB) para la imagen

fusionada implementada en Matlab. Además, se observa una diferencia importante entre estos valores y los presentados por la imagen fusionada usando GEE, esto pasa tanto en la corr Espacial (R= 0.974 vs 0.963, G= 0.971 vs 0.951, y B=

0.947 vs 0.924) como en la corr Espectral (R= 0.975 vs 0.963, G= 0.968 vs 0.951, y B= 0.951 vs 0.924), las diferencias de los valores obtenidas varían como máximo en 0.011, tanto espacial como espectralmente.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos usando los índices RASE; ERGAS espectral; y el índice de calidad universal Qu.

Fusión de Imágenes por	ERGAS Espectral	RASE	Qu
RGB-HSV Matlab	5.682	11.364	0.940
RGB-HSV GEE	6.588	13.176	0.938

Tabla 2 – Evaluación de la calidad de la imagen fusionada Landsat-8 a través de los índices ERGAS Espectral, ERGAS Espectral, RASE, y de Calidad Universal Qu espectral.

En cuanto a la tabla 3 esta se ocupa de la evaluación de la calidad espacial de los mismos índices.

Fusión de Imágenes por	ERGAS Espacial	RASE	Qu
RGB-HSV Matlab	7.084	14.168	0.933
RGB-HSV GEE	6.761.	13.522	0.933

Tabla 3 – Evaluación de la calidad de la imagen fusionada Landsat-8 a través de los índices ERGAS Espacial, ERGAS Espacial, RASE, y de Calidad Universal Qu, espacial.

En cuanto a los valores obtenidos en la evaluación espectral, el valor de ERGAS más cercano a 0, es el obtenidos con la fusión realizada a través de RGB-HSV usando Matlab. El porcentaje más cercano a cero del índice RASE, se obtiene igualmente con la misma implementación. Finalmente, para el valor del índice Qu el valor más cercano a 1 es el obtenido igualmente con RGB-HSV usando Matlab.

El comportamiento de los valores obtenidos en la evaluación espacial los mejores resultados se obtienen con la fusión de la implementación RGB-HSV usando GEE tanto para ERGAS y RASE espacial, sin embargo, con respecto al índice Qu el resultado es igual 0.933, siendo en ambas implementaciones muy cercano a 1. Los resultados evidencian un mejor desempeño de la implementación realizada en Matlab, esta herramienta es de uso privativo, pero esto no limita su escalabilidad en caso de querer implementar un servicio Web que permita la fusión en línea, como el realizado por Medina, Joyanes & Pinilla (2013). Igualmente, es posible crear un ejecutable de las rutinas implementadas para ejecutarse en cualquier otro equipo inclusive si este no cuenta con el Software licenciado, como el que se puede implementar usando GEE que permite obtener imágenes fusionadas de buena calidad espacial degradando en menor valor la riqueza espectral

6. Conclusiones

Las investigaciones realizadas anteriormente han demostrado que los métodos de fusión de imágenes basados en la Transformada RGB-HSV son adecuados para la fusión de imágenes dentro de los métodos convencionales. La implementación propuesta del desarrollo matemático de la RGB-HSV permitió la fusión de imágenes satelitales Landsat 8 OLI. Los resultados obtenidos del análisis cualitativo y cuantitativo demuestran que los mejores resultados de la imagen fusionada usando la RGB-HSV se obtiene con la implementación en Matlab que visualmente ofrece mejores resultados que la implementación en Google Earth Engine, cuantitativamente los valores de los índices corr, ERGAS, RASE y Qu son altos y similares tanto espacial como espectralmente.

La metodología propuesta permite obtener imágenes fusionadas que ofrecen a los usuarios información detallada sobre los entornos urbanos y rurales, lo cual es útil para aplicaciones como la planificación y la gestión urbana. Su utilidad se extiende al desarrollo de proyectos en diversos campos como agricultura, hidrología, medioambiente y gestión de emergencias producidas por catástrofes naturales (inundaciones, incendios forestales), entre otros.

Referencias

Lillo-Saavedra, M. Gonzalo, C. Arquero, A. and Martinez, E. (2005). Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 26, pp. 1263-1268.

Liss, B., Howland, M. D., & Levy, T. E. (2017). Testing Google Earth Engine for the automatic identification and vectorization of archaeological features: A case study from Faynan, Jordan. Journal of Archaeological Science: Reports, 15, 299-304. doi:10.1016/j.jasrep.2017.08.013

Jagadeesh, P. S., Huan, T. L. Li, X. Yuan, Y. (2018), Panchromatic and Multispectral Remote Sensing Image Fusion Using Machine Learning for Classifying Bucolic and Farming Region). Int. J. of Computational Science and Engineering, Vol. 15, No. 5/6,

Medina, J. Pinilla, C. Joyanes, L. (2013). Aplicativo Web para la Fusión de Imágenes Satelitales, RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, N.º 11, 06

Shi, A. (2011). Multispectral and panchromatic image fusion based on improved bilateral filter. *Journal of Applied Remote Sensing, 5*(1), 053542. doi:10.1117/1.3616010

Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 164, 152-170. doi:10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001

Vivone, G., Alparone, L., Chanussot, J., Dalla Mura, M., Garzelli, A., Licciardi, G.A., Restaino, R. and Wald, L., (2015). A critical comparison among pansharpening algorithms. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 53(5), pp. 2565-2586.

Wald, L. (2000). Quality of high resolution synthesized images: is there a simple criterion?, *Proceedings of the third conference "Fusion of Earth data: merging point measurements, raster maps and remotely sensed image"*, pp. 26-28.

Wald, L. (2002). *Data Fusion, Definition and Architectures: "Fusion of Image of Different Spatial Resolution,"* Paris: Le Presses de l'École des Mines. 198p.

Wang, Z. Bovink, A. C. (2002). A Universal Image Quality Index. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. XX, no Y.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 24/10/2020
Aceitação/Acceptance: 13/12/2020

Identificar Sentimientos en Cuarentena por la Covid-19 mediante Clasificador Léxico y Aprendizaje Supervisado

Yonatan Mamani-Coaquira[1], Manuel J. Ibarra[1], Ecler Mamani Vilca[1], Erech Ordoñez Ramos[1], Mario Aquino Cruz[1]

ymamanic@gmail.com; manuelibarra@gmail.com; eclervirtual@gmail.com; ingerech@gmail.com; mario.ac23@gmail.com

[1]Escuela Profesional de Ingeniería Informática y Sistemas, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, 03001, Apurímac, Perú.

Pages: 618-631

Resumen: La Covid-19 comenzó afectar a Perú el 6 de marzo de 2020, se iniciaron medidas preventivas para evitar la propagación. El 15 de marzo comenzó el aislamiento social obligatorio en todo el Perú, las personas utilizan Twitter para intercambiar diversas informaciones sobre el aislamiento social, esto es importante para autoridades y el público porque ayuda a considerar estrategias para evitar contagios. El presente trabajo tiene como objetivo clasificar los sentimientos positivos y negativos que fueron expresando en Twitter a través de la propuesta del Clasificador Léxico de Palabras y el uso de algoritmos clasificadores. El resultado obtenido fue que las palabras más frecuentes son: Cuarentena, Covid y Casa. Las palabras positivas fueron Bueno y Ganar, la palabra negativa fue Extraño. El modelo de clasificación de sentimiento alcanzó el 91.5% de precisión mediante el algoritmo Support Vector Machine y el Clasificador Léxico de Palabras.

Palabras-clave: covid-19, análisis de sentimiento, cuarentena, aprendizaje supervisado, clasificador léxico.

Identify Sentiments in Quarantine by Covid-19 through Lexical Classifier and Supervised Learning

Abstract: The Covid-19 began to affect Peru on March 6 of 2020, preventive measures were started to prevent the spread. On March 15 compulsory social isolation began throughout Peru, the people use Twitter to exchange various information about social isolation, this is important for authorities and the public because it helps to consider strategies to avoid contagion. The present work has the objective to classify the positive and negative sentiment that were expressed on Twitter through the proposal of the Lexical Word Classifier and the use of classifying algorithms. The result obtained was that the most frequent words are: Quarantine, Covid and Home. The positive words were Good and Win, the negative word was Strange. The sentiment classification model reached 91.5% accuracy using the Support Vector Machine algorithm and the Lexicon Word Classifier.

Keywords: covid-19, sentiment analysis, quarantine, supervised learning, lexical classifier.

1. Introducción

La enfermedad del coronavirus inició en Wuhan, China, fue reportado y confirmado el 31 de diciembre del 2019 (Organization, 2020a), según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la enfermedad es conocida como COVID-19 (coronavirus disease 2019). Esta enfermedad ha causado una crisis de salud pública nacional y mundial (Wu, Leung, & Leung, 2020), según sus características epidemiológicas es una enfermedad infecciosa emergente que se propaga rápidamente entre humanos, los síntomas comunes son: fiebre (37.3 °C o más), cansancio y tos seca, la OMS menciona que la forma de propagarse es a través de gotículas que procede de la nariz o boca y recomienda mantenerse más de un metro de distancia de la persona enferma (Organization, 2020b). Hasta el 23 de Abril (18:00 GMT-5) del 2020 en todo el mundo se han confirmado 2 699 338 casos, 737 735 recuperados, 188 437 muertos, y en Perú en esa misma fecha se tenía 20 914 casos confirmados, 1139 recuperados y 572 muertos (Dong, Du, & Gardner, 2020)(Dong, 2020). La forma de evitar la propagación de esta enfermedad es el distanciamiento entre personas. Varios países implementaron amplia gama de medidas drásticas para mitigar la propagación de este virus. En Perú el primer caso fue confirmado el 6 de marzo de 2020 y el 10 de marzo confirman 11 casos, luego inició el incremento de casos diariamente, por estas razones el 15 de marzo de 2020 el presidente de Perú Martin Vizcarra Cornejo declaró el aislamiento social por 15 días de manera obligatoria, desde entonces inició restricciones de viajes a nivel nacional y fuera del país.

Con lo descrito anteriormente la población se ha mantenido en casa todo el día, si salía de casa solo podía realizar actividades de primera necesidad, por esta razón; el internet se convirtió en una herramienta imprescindible para la comunicación entre personas, también permite hacer actividades virtuales como: ver películas, realizar clases virtuales, conferencias virtuales, navegar en las redes sociales, entre otras actividades relacionadas con el uso de internet. Durante la crisis de la pandemia Covid-19, existen personas que utilizan las redes sociales para intercambiar opiniones en diferentes aspectos como: manifestar las actividades que están realizando en casa, compartir información que ayuden a las autoridades, personas interesados en comprender la situación, recomendación de clases virtuales, entre otras, esta información en relación a Covid-19.

El crecimiento exponencial del intercambio de mensajes en la red social Twitter ha cambiado paradigmas de comunicación en la sociedad. Existen Investigaciones que realizaron análisis de sentimientos en otro tipo de enfermedades como: Ebola (Xu, Wang, Jia, & Wang, 2016), Mers, Gripe Porcina y Sars utilizando la red social Twitter (Bobicev, Sokolova, Jafer, & Schramm, 2012) (Sharma & Mangat, 2016)(Kristanto, Prasetyo, & Pramana, 2019)(Lopez, Vasu, & Gallemore, 2020). Los trabajos científicos en el área de Data Mining y Machine Learning facilitan enormes posibilidades para mejorar el análisis de sentimientos a corto plazo.

Existe la necesidad de saber los sentimientos de actividades positivas o negativas que realizan las personas durante el aislamiento social. Para las autoridades es de

importancia saber actividades que realizan las personas, esto permitiría elaborar estrategias adecuadas en respuesta a la emergencia sanitaria.

El presente trabajo de investigación aplica una perspectiva innovadora desde el punto de vista de aplicación de algoritmos de aprendizaje supervisado, los criterios de selección de algoritmos son: simplicidad y efectividad que serán implementados en el lenguaje R, Python y el software Knime Analytics, al mismo tiempo se propone un Clasificador Léxico de Palabras para entender el contexto del comentario y poder mejorar la clasificación de sentimientos.

2. Trabajos relacionados

La clasificación de sentimientos es un área relacionado con el Procesamiento de Lenguaje Natural, Lingüística Computacional y Minería de Texto (Karamibekr & Ghorbani, 2012), los datos pueden ser extraídos de base de datos estructurados y no estructurados. Anis Zarrad (Zarrad, Jaloud, & Alsmadi, 2014) realizó un estudio de la opinión pública respecto a la infección del virus Mers-Cov en Arabia Saudita, en Twitter analizaron opiniones como: métodos de prevención y servicios ofrecidos por el Ministerio de Salud, construyó un clasificador léxico de polaridad con 1100 palabras negativas y 850 palabras positivas, e incluyó 8222 palabras entre positivas, negativas y neutro del diccionario léxico Multi-Perspective Question Answerin (MPQA). Evaluó 1 500 000 tweets, resultó que el 21.9% es positivo, 39.8% negativo y 38.2% neutro. Por otro lado; Than (Tran & Lee, 2016) realizó la compresión de reacciones de los ciudadanos y la propagación de información relacionada con el Ébola en Twitter, logró adquirir conocimientos sobre reacciones de los ciudadanos y la propagación con temas del Ébola, además proporciona una base de análisis y respuestas futuros a crisis de salud pública.

Beryl (Beryl Joylin, Aswathi, Suma, & Victor, 2016) analizó los sentimientos positivos, negativos y neutros sobre el brote de Ébola utilizando datos de Twitter basado en Procesamiento de Lenguaje Natural, el resultado muestra el mayor porcentaje de tweets negativos, las palabras más frecuentes fueron: lágrimas, hospitalizado y empeora, las palabras positivas fueron: estudiar, me gusta, juntos y chistes. El trabajo de Purname (Kristanto et al., 2019) tuvo como objetivo evaluar los sentimientos positivos o negativos de Tweets para quienes utilizan los servicios de salud en Indonesia, aplicaron el algoritmo Naive Bayes para obtener resultados óptimos y concluye que el servicio de salud tiene el 70% de sentimientos negativos y 72% positivos para temas relacionados a información de salud.

Por otra parte, Li (Li et al., 2020) menciona que la información situacional de la pandemia Covid-19 es valioso para el público y autoridades, esto permite evitar la propagación, esta evaluación situacional fue realizado en la red social Weibo de China con datos relacionados a Covid-19, se utilizó la técnica de Procesamiento de Lenguaje Natural, Support Vector Machine, Naive Bayes y Random Forest, los comentarios tienen las palabras claves como: new coronavirus y unknown pneumonia, obtuvieron 36 746 comentarios desde 30/12/2019 hasta 01/02/2020. Al evaluar los resultados concluyeron que el mejor algoritmo fue Random Forest con 65% de precisión, también indican la necesidad de utilizar diferentes estrategias para publicar información situacional de Covid-19. Sin embargo, López (Lopez et al., 2020) evalúa identificar los discursos

populares sobre la pandemia de Covid-19 y políticas implementados para gestionarlo con datos de Twitter, de los 6 387 896 Tweets el 58.16% es idioma ingles y 16.66% de idioma español, las palabras claves de búsqueda fueron: virus, coronavirus, ncov19, ncov2019 y covid.

El grupo de investigación CoronaTracker (Amira et al., 2020) desarrolló una aplicación web para pronosticar el brote de Covid-19, al mismo tiempo, realizaron análisis de sentimientos positivos o negativos de noticias para comprender la influencia en el comportamiento de personas, política y economía. Analizando los datos encontraron 2548 artículos negativos con palabras frecuentes incertidumbre y enfermedad, y 561 artículos positivos con palabras frecuentes colaboración y fortaleza.

Con lo descrito anteriormente se observa la importancia de compartir información en redes sociales acerca de enfermedades y especialmente del Covid-19, pero aún hay escasa información situacional de las personas en casa durante el tiempo de aislamiento social obligatorio por la Covid-19, no considerar medidas respecto a esta información podría generar daños emocionales, sin embargo, es necesario identificar esta información de manera integral para ayudar a las autoridades en realizar actividades de apoyo social mediante el uso de internet, radio o televisión.

3. Metodología

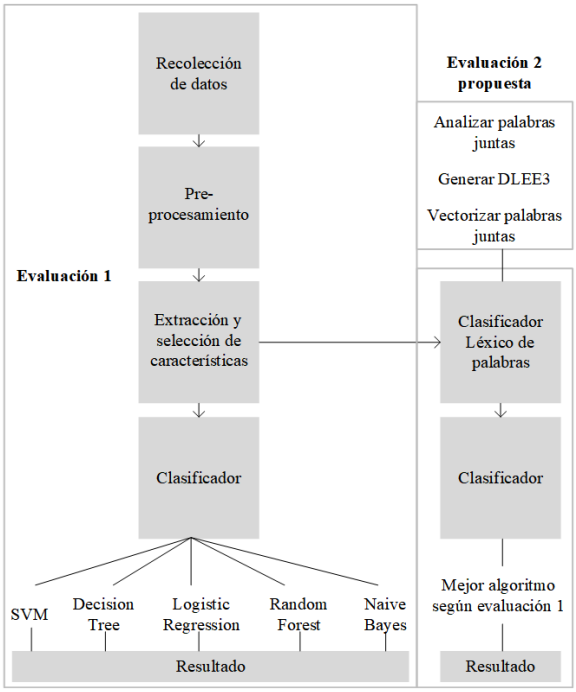


Figura 1 – Etapas para el análisis de sentimientos mediante el Clasificador Léxico de Palabras

La metodología consta de realizar dos evaluaciones, la Figura 1 muestra las evaluaciones que se realizan para mejorar las clasificaciones de sentimientos, primero se tiene que realizar la evaluación 1 para encontrar el mejor algoritmo con mayor porcentaje de precisión (Accurracy), luego el algoritmo elegido será implementado en la evaluación 2 con la utilización del Analizador Léxico de Palabras, al final se realiza una comparación para ver quien clasificó mejor, DLEE3 es Diccionario Léxico Emociones en Español 3.

3.1. Etapa 1: recolección de datos

Para este estudio se creó una API (Application Programming Interface) en Twitter, luego se desarrolló una aplicación en el lenguaje R utilizando la librería rtweet para descargar los Tweets públicos sin necesidad de consentimiento porque tiene fines académicos, después se exportó los datos en hojas de cálculo, en este proceso se obtuvo 200 000 Tweets y retweets del 16/03/2020 al 30/04/2020 en este periodo fue donde hubo mayor participación de la población mediante los comentarios en las redes sociales. Los parámetros de búsqueda fueron: hashtag {#Dia1, #Dia2, #Dia3,..., #Dia46} con idioma Español en el territorio Peruano.

También se hizo la recolección de palabras positivas y negativas para crear un diccionario léxico, cada palabra del diccionario permite enseñar a los comentarios de Tweet, por esta razón; se utilizó las palabras de National Research Council (NRC) Word-Emotion Association Lexicon (Mohammad, 2013), Mining and Summarizing Customer Reviews (Hu & Liu, 2004) y la colección de palabras de Chen Yanqing (Chen & Skiena, 2014), luego se realizó la unión de los tres conjuntos de palabras logrando obtener 8989 palabras, donde 3382 son positivos y 5607 negativos en idioma Español. La unión de estas palabras en el presente trabajo le denominamos Diccionario Léxico de Emociones en Español (DLEE).

3.2. Etapa 2: pre-procesamiento

Los Tweets extraídos tienen las siguientes características: texto, caracteres alfanuméricos, espacios en blanco, emoticón, palabras mayúsculas y minúsculas. Para encontrar una mejor clasificación y generar conocimientos de este Tweet debe ser pre-procesada antes de iniciar la selección de características. Las consideraciones empleadas para limpiar los Tweet fueron la eliminación de: registros duplicados, urls, números, espacios en blanco, caracteres especiales, punto, palabras pequeñas hasta 3 caracteres y convertir mayúscula a minúscula.

3.3. Etapa 3: extracción y selección de características

En la investigación se crea la Bolsa de palabras, Frecuencia de Términos y la conversión del Documento a Vector para extraer las características de los Tweets.

Sentimiento según DLEE: antes de realizar el entrenamiento del modelo, se debe enseñar el sentimiento si un Tweet es positivo o negativo, para este proceso se utilizó el DLEE según las palabras y su nivel de frecuencia en el Tweet.

Nº	Tweet	Polaridad	Frecuencia Relativa
1	#CuarentenaTotal día 1. Dormí la mitad del día y la otra mitad pensé en dormir. Llevo bien el aislamiento	Negativo	0.182
		Negativo	0.091
		Positivo	0.091
2	Día 7: que hago, me estoy volviendo loco	Negativo	0.2
3	#YoMeQuedoEnCasa ustedes igual https://t.co/zvMvVc6tak	Positivo	0.5

Tabla 1 – Ejemplo de Tweets con sentimiento según DLEE

La Tabla 1 representa 3 Tweets con Sentimientos y Frecuencias Relativas utilizando el DLEE, para seleccionar el sentimiento correcto en caso un Tweet tenga de 2 a más sentimientos (ver Tweet 1 de la Tabla 1) se considera el valor más alto de la Frecuencia Relativa, porque representa la frecuencia de apariciones de palabras negativas o positivas que contiene cada Tweet. Luego se realiza el filtro de Frecuencias Relativas mayor o igual a 0.15 para ser considerados en el conjunto de datos para el modelo de entrenamiento.

Bolsa de palabras: la bolsa contiene las apariciones de palabras en cada Tweet, se considera como medida cuantitativa para luego convertir cada documento de texto en formato de vector.

Nº	Tweet	Bolsa
1	#YoMeQuedoEnCasa #Día1: Hogar dulce hogar. Día 7: Ya no es tan dulce, se me acabó el azúcar.	hogar
		dulce
		tan
		acabó
		azúcar

Tabla 2 – Ejemplo de bolsa de palabras de un Tweet

Nº	Tweet	división	leche	familiar	hogar	dulce	tan	acabó	azúcar
1	#YoMeQuedoEnCasa #Día1: Hogar dulce hogar. Día 7: Ya no es tan dulce, se me acabó el azúcar.	0	0	0	1	1	1	1	1
2	#Día6: división familiar por el dulce de leche.	1	1	1	0	1	0	0	0

Tabla 3 – Ejemplo de la bolsa de palabras en vector

Luego de obtener la bolsa de palabras de todos los Tweets analizados, se determinó la Frecuencia de Términos de cada palabra, esto permitió hacer una análisis y determinar las palabras más frecuentes que se mencionan a continuación: *perdón*, *me gusta*,

nuevo, *superado*, *aislamiento*, *soporta*, *extraño*, *aprendí* y *tranquilidad*. La Tabla 2 muestra un Tweet con 5 términos que forma parte de la bolsa de palabras, la Tabla 3 es la representación de la bolsa de palabras en formato vector y esto se realiza para cada Tweet, donde al vector se asigna el valor 1 *si contiene la palabra* caso contario se asigna el valor 0, este proceso se realizó para cada uno de los Tweets.

3.4. Etapa 4: aplicación del clasificador

Luego de realizar la extracción de características del conjunto de datos, se realiza el entrenamiento y prueba del modelo. Para la aplicación se utilizaron los algoritmos clasificadores Support Vector Machine (SVM), Decision Tree, Logistic Regression, Random Forest y Naive Bayes implementados en lenguaje R, Python y Software Knime Analytics. La cantidad de Tweets utilizados para la creación del modelo fue de 1000 segmentado de la siguiente manera: 630 comentarios positivos y 370 comentarios negativos, los comentarios positivos y negativos fueron obtenidos a partir de la aplicación del DLEE. Para la ejecución del modelo se utilizó 80% de los datos para el entrenamiento y 20% para la prueba.

3.5. Etapa 5: clasificador léxico de palabras

En esta sección es la parte de le evaluación 2 (propuesta) consiste en mejorar la precisión (Accurracy) del mejor algoritmo clasificador de la etapa 4: aplicación del clasificador o evaluación 1. Se implementó un Clasificador Léxico con mínimo de 3 palabras juntas, también generamos un nuevo Diccionario Léxico de Emociones en Español 3 abreviado (DLEE3) que consta de 3 palabras fusionadas con emociones positivas y negativas, luego estas palabras fueron convertidas en vector para asignar los valores binarios de pertenencia.

N°	Tweet	Nueva Bolsa
1	#YoMeQuedoEnCasa #Día1: Hogar dulce hogar. Día 7: Ya no es tan dulce, se me acabó el azúcar.	hogar dulce tan
		acabó azúcar

Tabla 4 – Ejemplo de nueva bolsa de 3 palabras juntas

```
1: función asignar_pertenencia ():
2:  palabras_eval1 = [ ]      // vector de bolsa de palabras de evaluación 1
3:  comentario_eval1 = [ ]  // comentarios de evaluación 1 (vector binario)
4:  palabras_eval2 = [ ]      // vector de bolsa de palabras para evaluación 2
5:  comentario_eval2 = [ ]  // comentarios para evaluación 2 (vector binario)
6:  para i <- 0 hasta cantidad (palabras_eval1):
7:    palabras_eval2[i] = concatenar (palabras_eval1[i],palabras_eval1[i+1],palabras_eval1[i+2])
8:    comentario_eval2[i]=comentario_eval1[i+1]+comentario_eval1[i+2]+comentario_eval1[i+3]
9:  para k <- 0 hasta cantidad (palabras_eval2):
10:     si (comentario_eval2[i] >= 2) entonces
11:       vector_palabras_nuevas[k] = 1
12:     caso contrario
13:       vector_palabras_nuevas[k] = 0
14: fin función
```

Figura 2 – Función de asignación de polaridad a nueva bolsa de palabras

La Figura 2 forma parte del algoritmo Clasificador Léxico de Palabras, en esta parte del algoritmo la función denominada *asignar_pertenencia()* cumple el proceso de concatenar como mínimo tres palabras juntas, en caso que solo queden un o dos palabras al final se considera una de ellas. Luego hacer una validación para asignar el valor 1 si contiene las palabras en DLEE3 caso contrario asignar el valor 0, este proceso es iterativo hasta validar todos los comentarios, la Tabla 5 muestra un ejemplo de las palabras asignadas con 1 y 0.

Nº	Tweet	división leche familiar	hogar dulce tan	Acabó azúcar
1	#YoMeQuedoEnCasa #Día1: Hogar dulce hogar. Día 7: Ya no es tan dulce, se me acabó el azúcar.	0	1	1
2	#Día6: división familiar por el dulce de leche.	1	0	0

Tabla 5 – Ejemplo de la bolsa de 3 palabras en vector

3.6. Etapa 6: aplicación del clasificador con el mejor algoritmo

Después de la etapa 4 o evaluación 1, en esta sección se debe aplicar el mejor algoritmo de clasificación según los resultados de la evaluación 1. Para esta evaluación 2 se aplica el mismo proceso de recolección de datos, pre-procesamiento, extracción y selección de características (ver Figura 1), también se utiliza el mismo conjunto de datos de Tweets con las siguientes cantidades: 1000 Tweets con 630 positivos y 370 negativos, estas servirán para el entrenamiento y prueba del modelo, realizando la siguiente segmentación 80% de datos para entrenamiento y 20% para pruebas (en la sección 4.2 se muestra el algoritmo utilizado como mejor clasificador).

4. Resultados de la experimentación

A continuación, se presenta los resultados de la experimentación.

4.1. Resultado evaluación 1

En esta sección evaluamos la precisión de los algoritmos clasificadores utilizando la Matriz de Confusión: verdad positiva, verdad negativo, falso positivo y falso negativo. Un Tweet se considera como verdadero positivo si se identifica correctamente como sentimiento positivo, y un Tweet es verdadero negativo si se clasifica correctamente como sentimiento negativo.

Nº	Clasificación-Clase	Positivo	Negativo
SVM	Positivo	114	13
	Negativo	18	55
Decision Tree	Positivo	115	12
	Negativo	29	44

N°	Clasificación-Clase	Positivo	Negativo
Logistic Regression	Positivo	115	12
	Negativo	19	54
Random Forest	Positivo	122	5
	Negativo	40	33
Naive Bayes	Positivo	71	2
	Negativo	103	24

Tabla 6 – Matriz de confusión evaluación 1 (Knime Analytics)

La Tabla 6 muestra los resultados de los 5 algoritmos utilizados, se puede ver que clasificaron casi igual en los sentimientos positivos. Por otro lado, Support Vector Machine y Logistic Regresión clasificaron mejor en los comentarios negativos. Si buscamos más comentarios con palabras negativas hasta cumplir 140 caracteres o incluir emoticones en el Tweet esto podría mejorar la clasificación.

	Precisión (Accurracy)		
Algoritmos	**Knime Analytics**	**Lenguaje R**	**Lenguaje Python**
SVM	84.50%	83.50%	85.25%
Decision Tree	79.50%	80.00%	82.00%
Logistic Regression	84.50%	65.55%	75.45%
Random Forest	77.50%	79.50%	80.50%
Naive Bayes	47.50%	50.35%	52.00%

Tabla 7 – Comparación de porcentaje de precisión evaluación 1

Por otro lado, la Tabla 7 representa la comparación de precisión de los algoritmos clasificadores utilizando en lenguaje R, Python y el software Knime Analytics, en todos los casos se utilizaron el mismo conjunto de datos de Tweet, y también de aplico el mismo procedimiento como se muestra en la Figura 1. Se observa quien tuvo mejor precisión en clasificar es el algoritmo Support Vector Machine utilizando el lenguaje Python y el software Knime Analytics con 85.25% y 84.5% respectivamente.

4.2. Resultado evaluación 2

En la evaluación 1 se puede ver que el algoritmo Support Vector Machine es quien clasificó mejor con 85.25% (Accurracy), por esta razón en la fase de clasificación de evaluación 2 (propuesta) se aplica el algoritmo SVM. En los resultados de la experimentación de SVM se puede ver una mejora de precisión alcanzado el 91.5% de clasificación de los sentimientos. La Tabla 8 muestra la cantidad de clasificación de positivos y negativos de SVM utilizando el Clasificador Léxico de Palabras.

Nº	Clasificación-Clase	Positivo	Negativo
SVM	Positivo	122	5
	Negativo	12	61

Tabla 8 – Matriz de confusión evaluación 2 con SVM

4.3. Resultados generales

Luego de preparar el texto, se realizó el cálculo de la frecuencia de palabras contenidas en los 200 000 tweets. La Figura 3 muestra las primeras 10 palabras más frecuentes relacionados a la pandemia y cuarentena (aislamiento social) se obtuvo los siguientes resultados: *cuarentena* igual a 48 873, *covid* igual a 17 410, *casa* igual a 9782 y *coronavirus* igual a 8999 veces.

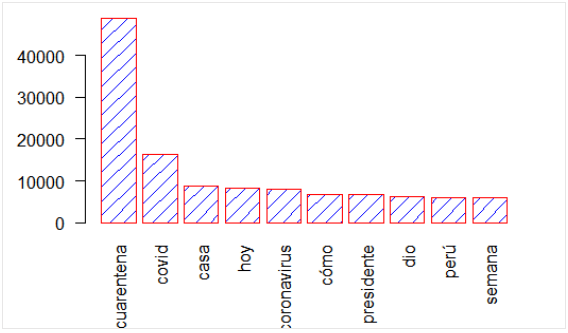


Figura 3 – Las 10 palabras más frecuentes



Figura 4 – Nube de palabras positivas y negativas en cuarentena

Asimismo, la Figura 4 son nubes de palabras más frecuentes entre positivas y negativas, estas frecuencias se logró por medio del Diccionario Léxico de Emociones en Español

(DLEE), el tamaño de cada texto (palabra) representa la frecuencia de aparición en los Tweets. La Figura 4 muestra las siguientes palabras positivas: Favor, Bien, Ganas, Mejor, Gracias y Aprendí son palabras recurrentes, mientras en palabras negativas son: Extraño, Aislamiento, Síntomas, Menos, Ansiedad, Solo, Emergencia, Carajo y Sin.

4.4. Discusión

A continuación, se muestra la discusión de la evaluación y resultados obtenidos.

Evaluación de precisión (Accurracy) de los algoritmos de clasificación: según la evaluación 1 los resultados se encuentran en la Tabla 7 y la mejor precisión es 85.25% con SVM utilizando Python, la segunda es 84.5% con SVM utilizando Knime Analytics, los algoritmos y herramientas utilizadas claramente demuestra que SVM tiene la mejor precisión, los análisis realizados tiene relación con el trabajo de Li (Li et al., 2020) para verificar la información situación de la pandemia Coronavirus, obteniendo el 65% de precisión con el algoritmo Random Forest, en tal sentido, el presente trabajo tiene una mejor precisión respecto al planteamiento de Li. Para mejorar la precisión de 85.25% de la evaluación 1, se empleó la evaluación 2 con SVM y aplicando el Clasificador Léxico de Palabras logrando el 91.5% de precisión, por esta razón se deduce que mediante clasificadores léxicos y algoritmos de clasificación permite mejorar la precisión de los sentimientos.

Diccionario Léxico de Emociones en Español (DLEE): como se pudo ver la propuesta de este diccionario tiene la unión de palabras de investigaciones (Mohammad, 2013) (Hu & Liu, 2004) (Chen & Skiena, 2014) logrando acumular 8989 palabras, el DLEE permitió mejorar la clasificación de sentimientos a diferencia de Zarrad (Zarrad et al., 2014) que solo utilizó 8222 palabras.

Palabras más frecuentes: la Figura 3 tiene las 10 palabras más frecuentes utilizados en los tweets relacionados al aislamiento social, las palabras son: cuarentena, covid, casa y hoy, estas palabras se asocian con seguir indicaciones del Gobierno de permanecer en casa, por ejemplo: "#cuarentena Día 10 hoy estoy en casa", este tweet podría relacionar con: clases, ejercicios, cocinando, extraño, películas, trabajo remoto, cantar, bailar, solo, ansiedad, síntomas. A diferencia de los otros estudios, en el presente trabajo de investigación se hizo más énfasis en las emociones o sentimientos que han expresado en el tiempo de aislamiento social permaneciendo en casa.

Palabras positivas y negativas: por las nubes de palabras positivas y negativas de la Figura 4 se observa que la mayoría de personas utilizan el verbo *Extrañar*, significa que extrañan las actividades que realizaban antes de iniciar el aislamiento social, pero en el lado positivo vemos que las personas envían mensajes amables utilizando las palabras *Bien*, *Ganas*, *Mejor* y *Gracias*, significa que están tranquilos en casa y mencionando que se cuiden mucho y que se debe seguir las recomendaciones del Gobierno.

5. Conclusiones

Con los resultados obtenidos en la presente investigación, se indica la necesidad de publicar información referente al aislamiento social, dicha información debe estar relacionada con las palabras positivas o negativas encontradas en esta investigación,

también se debe buscar entretener mediante radio, televisión o internet con actividades que más comentaron como: canto, baile, ejercicios, cocina y clases virtuales. Además, los resultados de comentarios positivos, negativo y el modelo predictivo serán útiles para investigadores o profesionales que tenga como objetivo contribuir en futuras emergencias para evitar que las personas salgan de casa.

Asimismo, se concluye que el Clasificador Léxico de Palabras y el DLEE3 ayudó al algoritmo de clasificación SVM a mejorar la precisión hasta un 91.5%, si evaluamos con más datos podría mejorar la clasificación. Por otro lado, según las evaluaciones 1 y 2 manifiestan que el algoritmo SVM utilizando Python y Knime Analytics tiene mejor clasificación para datos de sentimientos, así mismo al utilizar análisis léxico permite entender mejor el contexto de las frases. Como trabajo futuro se va mejorar el Clasificador Léxico de Palabras para unir más de 3 palabras y entender mejor el contexto del sentimiento utilizando redes neuronales, también se pretende analizar y predecir los Tweets que mencionen a medicamentos o remedios que permitieron recuperarse de este tipo de enfermedades u otras.

Referencias

Amira, F., Hamzah, B., Lau, C. H., Nazri, H., Ligot, D. V., Lee, G., … Sdn, D. (2020). CoronaTracker : World-wide COVID-19 Outbreak Data Analysis and Prediction CoronaTracker : World-wide COVID-19 Outbreak Data Analysis and Prediction. *Worl Health Organization*, (March). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.255695

Beryl Joylin, A., Aswathi, T., Suma, P., & Victor, N. (2016). Sentiment analysis on “ebola” outbreak using twitter data. *International Journal of Pharmacy and Technology*, *8*(4), 25835–25842. Retrieved from https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018212351&partnerID=40&md5=8f598f4c4caf042825a1586a8675e400

Bobicev, V., Sokolova, M., Jafer, Y., & Schramm, D. (2012). Learning sentiments from tweets with personal health information. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *7310 LNAI*, 37–48. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30353-1_4

Chen, Y., & Skiena, S. (2014). Building sentiment lexicons for all major languages. *52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, ACL 2014 - Proceedings of the Conference*, *2*, 383–389. https://doi.org/10.3115/v1/p14-2063

Dong, E. (2020). Coronavirus COVID-19 Global Cases by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) - Map. Retrieved from The Lancet. Infectious diseases website: https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6

Dong, E., Du, H., & Gardner, L. (2020). An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *The Lancet. Infectious Diseases*, *3099*(20), 19–20. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1

Hu, M., & Liu, B. (2004). Mining and Summarizing Customer Reviews. *Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 168–177. https://doi.org/10.1145/1014052.1014073

Karamibekr, M., & Ghorbani, A. A. (2012). Verb oriented sentiment classification. *Proceedings - 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, WI 2012*, 327–331. https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2012.122

Kristanto, S. P., Prasetyo, J. A., & Pramana, E. (2019). Naive Bayes Classifier on Twitter Sentiment Analysis BPJS of HEALTH. *Proceedings - 2019 2nd International Conference of Computer and Informatics Engineering: Artificial Intelligence Roles in Industrial Revolution 4.0, IC2IE 2019*, 24–28. https://doi.org/10.1109/IC2IE47452.2019.8940900

Li, L., Zhang, Q., Wang, X., Zhang, J., Wang, T., Gao, T.-L., … Wang, F.-Y. (2020). Characterizing the Propagation of Situational Information in Social Media During COVID-19 Epidemic: A Case Study on Weibo. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, *7*(2), 1–7. https://doi.org/10.1109/TCSS.2020.2980007

Lopez, C. E., Vasu, M., & Gallemore, C. (2020). *Understanding the perception of COVID-19 policies by mining a multilanguage Twitter dataset*. 1–4.

Mohammad, S. M. (2013). Sentiment and Emotion Lexicons. Retrieved from National Research Council Canada website: http://saifmohammad.com/WebPages/lexicons.html

Organization, W. H. (2020a). Pneumonia of unknown cause China. Retrieved from Emergencies preparedness, response, Disease outbreak new website: https://www.who.int/csr/don/05-january-2020-pneumonia-of-unkown-cause-china/en/

Organization, W. H. (2020b). Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19). Retrieved April 1, 2020, from Emergencias Sanitarias, Enfermedades, Nuevo coronavirus 2019 website: https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses

Sharma, S., & Mangat, V. (2016). Relevance vector machine classification for big data on Ebola outbreak. *Proceedings on 2015 1st International Conference on Next Generation Computing Technologies, NGCT 2015*, (September), 639–643. https://doi.org/10.1109/NGCT.2015.7375199

Tran, T., & Lee, K. (2016). Understanding citizen reactions and Ebola-related information propagation on social media. *Proceedings of the 2016 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, ASONAM 2016*, 106–111. https://doi.org/10.1109/ASONAM.2016.7752221

Wu, J. T., Leung, K., & Leung, G. M. (2020). Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. *The Lancet*, *395*(10225), 689–697. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30260-9

Xu, K., Wang, F., Jia, X., & Wang, H. (2016). *The Impact of Sampling on Big Data Analysis of Social Media: A Case Study on Flu and Ebola*. 1–6. https://doi.org/10.1109/glocom.2015.7416974

Zarrad, A., Jaloud, A., & Alsmadi, I. (2014). The Evaluation of the Public Opinion - A Case Study: MERS-CoV Infection Virus in KSA. *2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing*, 664–670. https://doi.org/10.1109/UCC.2014.107

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/10/2020
Aceitação/Acceptance: 28/12/2020

Detección de Noticias Falsas en Redes Sociales Basada en Aprendizaje Automático y Profundo: Una Breve Revisión Sistemática

Nathaly Álvarez-Daza[1], Pablo Pico-Valencia[1,2], Juan A. Holgado-Terriza[2]

nathaly.alvarez@pucese.edu.ec; pablo.pico@pucese.edu.ec; jholgado@ugr.es

[1] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador.

[2] Universidad de Granada, Granada, España.

Pages: 632-645

Resumen: Las redes sociales han cambiado la forma en que la sociedad se informa. Redes sociales como Twitter y Facebook cuentan con millones de usuarios quienes muchas veces comparten noticias falsas (*fake news*) sin saberlo. Los contenidos de estas noticias son falsos y no verificados, y llegan a viralizarse, engañando y causando pánico. El objetivo de este estudio es desarrollar una revisión de la literatura en la que se determina cómo el aprendizaje automático y aprendizaje profundo, han apoyado para el desarrollo de clasificadores de noticias falsas en redes sociales. El estudio fue desarrollado a partir de una metodología formal usada en ciencias de la Computación. Los resultados mostraron que los modelos de aprendizaje han sido ampliamente usados para crear sistemas de detección de noticias falsas, predominando la detección en el ámbito político, sociedad, salud y desastres naturales. Se constató que se emplearon mayoritariamente los modelos de aprendizaje automático en comparación con los de aprendizaje profundo, aun así, ambos enfoques demostraron ser eficientes para clasificar noticias falsas, jugando un determinante de los resultados, el set de datos y el método de extracción de características empleado.

Palabras-clave: Aprendizaje automático, aprendizaje profundo, noticias falsas, clasificador.

Detection of Fake News in Social Networks Based on Machine and Deep Learning: A Brief Systematic Literature Review

Abstract: Social networks have changed how society is informed. Social networks such as Twitter and Facebook have millions of users who often share fake news without knowing it. The contents of these news are false and unchecked, and they become viral, deceiving, and causing panic. The objective of this study is to develop a literature review that examines how machine and deep learning have supported the development of social media fake news classifiers. The study was developed from a formal methodology used in computer science. The results showed that learning models have been widely used to create false news detection systems, with

detection predominating in the political field. It was found that machine learning models were mostly used in contrast with deep learning models, however, both approaches demonstrated be efficient to classify fake news, playing a decisive factor of the results, the data set and the feature extraction method used.

Keywords: Machine learning, deep learning, fake news, classifier.

1. Introducción

En la actualidad, las redes sociales se han vuelto una de las tecnologías más populares a nivel mundial. Por su fácil acceso y estar orientadas al intercambio de información, millones de usuarios tienen un perfil en redes sociales como Facebook y Twitter. Además de que las redes sociales permiten a las personas comunicarse con sus amigos y familiares a nivel mundial, les ayudan a mantenerse informados de los sucesos que acontecen en su entorno. A raíz de este uso que la sociedad les ha dado a las redes sociales, han proliferado muchas publicaciones de noticias que no están contrastadas o validadas, originándose así, el concepto de noticias falsas, conocidas también como *fake news* (Dong-Ho Lee, et al., 2019).

Las noticias falsas, son artículos que tienen contenido informativo, que en lugar de informar, desinforman a los cibernautas en redes sociales (Allcott & Gentzkow, 2017). La información publicada y compartida por medio de redes sociales como Twitter y Facebook tiene la particularidad de que llega a muchos países. Esto implica que una noticia falsa se difunde rápidamente e incluso puede llegarse a viralizar, causando pánico en la sociedad. En los últimos años se han difundido cientos de noticias falsas, en distintos ámbitos, entre los que figuran los siguientes: política, deportes, economía, ciencia, entretenimiento, entre otros.

En el ámbito político, se han originado varios casos de noticias falsas en redes sociales que han tenido un impacto mundial. Un caso muy popular fue en las elecciones de Estados Unidos en 2016. En (Allcott & Gentzkow, 2017) se analizaron las publicaciones en las redes sociales en el entorno de las elecciones presidenciales de Estados Unidos. En este panorama, se contabilizaron 115 noticias falsas relacionadas con Donal Trump. Asimismo, en torno a la otra candidata a la presidencia, Hillary Clinton, se compartieron 41 noticias falsas en Facebook. Otro caso relevante, en el ámbito financiero fue el de United Airlines, que, con la subida de un artículo falso a Internet, provocó que el precio de sus acciones cayera. El impacto que tuvo esta noticia falsa fue grave y su efecto persistió por un tiempo antes de volver a recuperarse (Carvalho et al., 2011). Otro caso, también con cierta repercusión, fue la noticia que ha sido compartida en las diferentes plataformas refiriéndose al dióxido de cloro. Según el contenido de la noticia falsa, este químico era la cura contra el covid-19 y a raíz de ello, muchas personas tomaron la decisión de comprarlo y consumirlo, sin saber las consecuencias que este químico puede provocar si se administra sin la supervisión de un médico (Huang & Carley, 2020).

Los casos descritos anteriormente son solo algunos ejemplos de noticia falsas de los últimos años. Esto ha llamado la atención de los investigadores para crear herramientas orientadas a detectar noticias falsas en redes sociales y en Internet en general. En este sentido, se ha empleado la Inteligencia Artificial (IA), y específicamente las técnicas de aprendizaje automático. Puntualmente, para crear sistemas predictivos que sean

capaces de clasificar noticias falsas en las redes sociales se han planteado métodos de minería de texto. Estos sistemas emplean como un componente principal, un modelo de aprendizaje basado en datos, el cual es entrenado a partir de tweets, posts of cometido web descargados de las redes sociales, micro blogs o webs. Sin embargo, existen muchos modelos y no se conoce de manera formal cuáles son las características de los clasificadores especializados y publicados en la literatura. Algoritmos de aprendizaje automático, conocidos también como aprendizaje de máquina (i.e., árboles de decisión, bosques aleatorios, Naïve Bayes, máquina de vectores de soporte), han sido aplicados con éxito (Gilda, 2018; Lakshmanarao et al., 2019). Asimismo, modelos de aprendizaje profundo (i.e., redes convolucionales, con memoria, recurrentes) han sido empleados de manera independiente o fusionados con redes neuronales profundas (Kresnakova et al., 2019). Es así, como se han originado muchos modelos para clasificar noticias falsas en redes sociales.

El objetivo de este estudio es investigar cuáles han sido los principales modelos de IA que se han propuesto en la literatura para detectar noticias falsas en redes sociales. Para ello, se plantea el desarrollo de una revisión de la literatura basada en una metodología formal, como es la metodología de (Kitchenham & Charters, 2007), ampliamente usada para el desarrollo de este tipo de estudios en las ciencias computacionales. Los resultados de este estudio permitirán describir experiencias de investigadores y nivel de exactitud alcanzado por los sistemas de detección automática de noticias falsas implementados a partir de minería de textos y modelos de aprendizaje automático.

El documento está organizado de la siguiente manera. La Sección 2, describe la metodología empleada para llevar a cabo el proceso de revisión sistemática de la literatura, enfatizando en la estrategia de búsqueda diseñada. La Sección 3 presenta los resultados, esto es, se responde de manera detallada a cada una de las preguntas de investigación (PIs) formuladas en base al análisis de los estudios primarios recuperados. También, se discuten brevemente dichos resultados. Finalmente, en la Sección 4 se describen las conclusiones.

2. Metodología

Una revisión sistemática de la literatura consiste en identificar, evaluar e interpretar los estudios más relevantes de un tema en particular. Para llevar a cabo el proceso de revisión sistemática planteado en este estudio, se empleó la metodología propuesta por (Kitchenham & Charters, 2007), la cual es una metodología formal para la ejecución de trabajos de esta naturaleza en las ciencias computacionales.

2.1. Preguntas de investigación

Las noticias falsas han despertado un gran interés entre los investigadores especialistas en IA. Es así como surgió la siguiente pregunta, ¿cómo los modelos de aprendizaje de la IA han coadyuvado en la creación de clasificadores para la detección automática de noticias falsas en redes sociales, el principal medio tecnológico usada por los internautas para informarse? Para responder esta pregunta, estratégicamente se plantearon cuatro PIs específicas.

- **PI1:** ¿Cuáles han sido las principales propuestas basadas en técnicas de aprendizaje automático para detectar noticias falsas en redes sociales?
- **PI2:** ¿Cuál es el alcance que han tenido los modelos de aprendizaje, en términos de exactitud, para detectar noticias falsas en medios sociales?
- **PI3:** ¿Qué herramientas de software y datos se han usado para crear modelos predictivos de detección de noticias falsas en redes sociales?
- **PI4:** ¿En qué ámbitos se ha detectado noticias falsas en redes sociales?

2.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda realizada en este estudio consideró trabajos disponibles en la literatura que han abordado la detección automática de noticias falsas en redes sociales desde distintas perspectivas, esto es, teórica y, experimental o práctica. Para buscar y recuperar los estudios primarios a partir de los cuales se pudo responder las PIs planteadas, la estrategia de búsqueda se dividió en tres pasos: definición de las fuentes de información (FI), formulación de la ecuación de búsqueda, y selección de los estudios primarios recuperados en las FI.

Definición de las FI. El primer paso de la estrategia de búsqueda fue identificar y definir qué FIs se emplearían para realizar la revisión sistemática. Para este caso en particular, se seleccionaron dos bibliotecas digitales (*ACM, IEEE Xplore*) y dos bases de datos documentales (*Scopus y Web of Science*). Ambos tipos de FIs son especializadas en el campo de la Computación e indexan trabajos de impacto.

Cadena de búsqueda. Para realizar la búsqueda de los estudios primarios, a partir de los cuales se pudiera responder a las PIs formuladas, se definió una cadena de búsqueda la cual se detalla como sigue: ((“machine” OR “deep”) AND (“learning”) AND (“fake new*”)). Dicha cadena de búsqueda se adaptó para ser aplicada en cada una de las FIs seleccionadas.

Criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión definidos para este estudio estuvieron enfocados en tomar en cuenta solo aquellas propuestas que analizaran y emplearan mecanismos de IA para detectar noticias falsas en redes sociales. De manera complementaria, se definieron cuatro criterios de exclusión orientados a descartar estudios que no aportaran a la investigación. Estos criterios de exclusión fueron los siguientes: documentos repetidos, documentos escritos en un idioma diferente al inglés, documentos inaccesibles, y documentos publicados antes del 2015. Los artículos recuperados con la cadena de búsqueda que no cumplieron estos criterios no fueron analizados. Los resultados obtenidos, luego de aplicar la estrategia de búsqueda, se muestra en la Figura 1.

La selección de los estudios se realizó en dos etapas; (i) lectura del título, resumen, y las conclusiones de cada artículo, y (ii) lectura completa de los artículos. Estas etapas se aplicaron a mediados de agosto de 2020. De los 106 artículos recuperados, 55 fueron no repetidos. Estos 55 estudios se redujeron a 40 tras leer el título y resumen en detalle y descartar 15 estudios más. En consecuencia, quedaron por analizar de forma exhaustiva

40 estudios. Sin embargo, éstos se redujeron a 36 ya que 4 eran libros y uno era un análisis teórico.

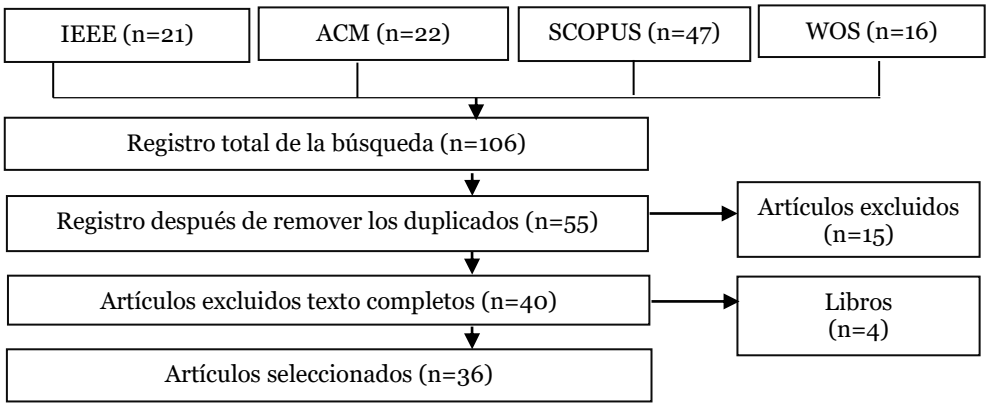


Figura 1 – Proceso de selección de estudios primarios

3. Resultados y discusión

En base a la información y resultados descritos en los 36 artículos sujetos a estudio, en esta sección, se presentan los resultados y se responden a cada una de las PIs formuladas en esta investigación. Dichos resultados se resumen como sigue:

PI1: ¿Cuáles han sido las principales propuestas basadas en técnicas de aprendizaje automático para detectar noticias falsas en redes sociales? Para clasificar noticias falsas en redes sociales se han empleado tanto los algoritmos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo. En el primer bloque de la Tabla 1, se listan 12 estudios en los que se ha propuesto solo el uso de al menos uno de los algoritmos de aprendizaje automático para entrenar clasificadores automáticos de noticias falsas en redes sociales. En el bloque 2 de la misma tabla, se observa también que otros 13 estudios se limitaron a aplicar exclusivamente modelos de aprendizaje profundo (redes neuronales) para entrenar clasificadores de noticias falsas. Es importante señalar, que como muestra el tercer bloque de la Tabla 1, se han desarrollado 10 propuestas en las que también se han realizado pruebas tanto con modelos de aprendizaje automático como modelos de aprendizaje profundo. Algunas de estas propuestas consistieron en comprobar cuál de los enfoques proveía mayor exactitud (i.e., S23, S33). Otras, menos frecuentes, desarrollaron modelos híbridos, principalmente de aprendizaje profundo (i.e., S2, S26), para mejorar el nivel de exactitud que alcanzaban al aplicar los algoritmos de aprendizaje automático y profundo de manera independiente. Uno de los 36 artículos no figura en la tabla ya que fue una propuesta solo de análisis.

Grupo	#	Pais	Año	Fuente	AM	AP	Referencia
GRUPO 1	S8	Canadá	2020	Scopus	x		(Ibrishimova & Li, 2020)
	S10	India	2019	Scopus	x		(Kaliyar et al., 2019)
	S14	Pakistán	2019	Scopus	x		(Kareem & Awan, 2019)
	S18	Malaysia	2019	Scopus	x		(Mokhtar et al., 2019)
	S19	India	2019	Scopus	x		(Jain et al., 2019)
	S20	India	2019	Scopus	x		(A. Kumar et al., 2019)
	S22	India	2019	Scopus	x		(Lakshmanarao et al., 2019)
	S27	Brasil	2019	Scopus	x		(Reis et al., 2019)
	S44	India	2017	Scopus	x		(Gilda, 2018)
	S45	Alemania	2016	Scopus	x		(Masood & Aker, 2018)
	S46	Colombia	2018	Scopus	x		(Rolong, et al., 2018)
	S47	Canadá	2017	Scopus	x		(Ahmed et al., 2017)
GRUPO 2	*S1*	España	2019	Scopus		x	(Kong et al., 2020)
	S9	Singapur	2019	Scopus		x	(Liu, 2019)
	S11	UK	2019	Scopus		x	(Han & Mehta, 2019)
	S12	Eslovaquia	2019	Scopus		x	(Kresnakova et al., 2019)
	S13	Argelia	2019	Scopus		x	(Amine et al., 2019)
	S15	Jordania	2019	ACM		x	(Abedalla et al., 2019)
	S17	Jordania	2019	Scopus		x	(Qawasmeh et al., 2019)
	S21	India	2019	Scopus		x	(Verma et al., 2019)
	S24	Portugal	2018	Scopus		x	(Borges et al., 2019)
	S25	Corea	2019	Scopus		x	(Ye-Chan Ahn, 2019)
	S26	India	2019	Scopus		x	(Barua et al., 2019)
	S32	Egipto	2018	Scopus		x	(Sherry Girgis, Eslam Amer, 2018)
	S34	Corea	2019	Scopus		x	(Dong-Ho Lee, et al., 2019)
GRUPO 3	S2	India	2019	Scopus	x	x	(S. Kumar et al., 2020)
	S5	EE. UU.	2020	ACM	x	x	(Singh et al., 2020)
	S16	Cyprus	2019	ACM	x	x	(Katsaros et al., 2019)
	S23	India	2019	Scopus	x	x	(Hiramath, Chaitra K, 2020)
	S28	Bangladesh	2019	Scopus	x	x	(Abdullah-All-Tanvir et al., 2019)
	S30	India	2019	Scopus	x	x	(Poddar et al., 2019)
	S33	Tailandia	2018	Scopus	x	x	(Supanya Aphinwongsophon, 2018)
	S35	India	2019	Scopus	x	x	(Tanik Saikh, et al., 2019)
	S39	India	2019	Scopus	x	x	(Arvinder Pal Singh Bali, et al., 2019)
	S42	Romania	2019	Scopus	x	x	(Adrian M. P. Brasoveanu, 2019)

Tabla 1 – Propuestas orientadas a detectar noticias falsas usando aprendizaje automático

Los datos muestran que el uso de la IA aplicada para la detección de noticias falsas se ha venido trabajando ampliamente en los últimos años; mayoritariamente, las propuestas analizadas se publicaron en 2019 (26 estudios), muchas de las cuales fueron desarrolladas por investigadores de la India (12 estudios). Esto se debe a que en ese país en 2019 se está trabajando en una fuerte campaña para palear las noticias falsas. Por tanto, la academia está jugando un papel importante para resolver este problema, que, en términos de política, ha causado desestabilización.

PI2: ¿Cuál es el alcance que han tenido los modelos de aprendizaje, en términos de exactitud, para detectar noticias falsas en medios sociales?

Modelos de aprendizaje automático para detectar noticias falsas. Los resultados obtenidos mostraron que muchos de los algoritmos de clasificación empleados en aprendizaje automático han sido experimentados para entrenar modelos de detección de noticias falsas. En la Tabla 2, es posible ver que mayoritariamente se aplicaron los algoritmos relacionados con las máquinas de vectores de soporte (16 estudios), seguido de la regresión logística (9 estudios) y a la par los algoritmos basados en el Teorema de Bayes, bosques aleatorios y árboles de decisión con 7, 7 y 6 estudios respectivamente. Otros algoritmos aplicados, aunque con menor frecuencia fue el algoritmo de vecinos más cercanos y algoritmos menos populares como el de potenciación del gradiente y descenso estocástico de gradiente. Sin embargo, los algoritmos que alcanzaron mejor exactitud (*accuracy*) para detectar noticias falsas fueron: las máquinas de vectores de soporte con 99,90%, regresión logística con 91,60% y el algoritmo de potenciación de gradiente con el 91,05%.

#	NB	DT	RF	KNN	SVM	LR	GB	AUC	AB	SGD
S5	21,00	*	34,00	*	34,00	*	*	*	*	*
S8	*	*	*	*	*	40,00	*	*	*	*
S10	*	*	*	*	*	*	86,00	*	*	*
S14	68,00	64,00	65,00	70,00	68,00	69,00	*	*	*	*
S16	*	47,00	55,00	*	58,00	58,00	*	*	*	*
S18	*	*	*	*	*	77,00	*	*	*	*
S19	*	*	*	*	93,60	*	*	*	*	*
S20	*	*	*	*	59,00	*	*	*	*	*
S22	*	**82,70**	**90,70**	**79,20**	75,50	*	*	*	*	*
S23	89,00	*	77,00	*	79,00	75,00	*	*	*	*
S27	*	*	*	*	*	*	*	88,00	*	*
S28	**89,06**	*	*	*	89,34	69,47	*	*	*	*
S30	86,30	82,5	*	*	89,10	**91,60**	*	*	*	*
S33	76,08	*	*	*	**99,90**	*	*	*	*	*
S35	*	*	*	*	56,04	*	*	*	*	*
S39	*	*	86,63	72,54	63,55	*	**91,05**	**89,25**	**89,25**	*
S42	*	26,20	*	*	28,40	26,00	*	*	*	*

#	NB	DT	RF	KNN	SVM	LR	GB	AUC	AB	SGD
S44	*	67,60	64,80	*	73,60		65,77	*	*	**65,70**
S45	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S46	88,10	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S47	*	*	*	*	92,00	*	*	*	*	*
S2	*	*	*	*	58,68	57,58	*	*	*	*
Σ	7	6	7	3	16	9	3	2	1	1

Tabla 2 – Uso de los modelos de aprendizaje automático en los estudios analizados. NB=Naïve Bayes, DT=árbol de decisión, RF=bosque aleatorio, KNN=vecinos más cercanos, SVM=vectores de soporte, LR=Regresión logística, GB=potenciación de gradiente, AUC-ROC=área bajo la curva, AB=potenciación adaptativa, SGD=descenso estocástico de gradiente.

Modelos de aprendizaje profundo para detectar noticias falsas. Los algoritmos de aprendizaje automático no han sido los únicos empleados para intentar crear sistemas de IA para detectar noticias falsas en redes sociales. Modelos muy populares y eficientes basados en redes neuronales también han sido usados para intentar conseguir un clasificador más efectivo que aquellos basados en aprendizaje automático. En el segundo grupo de la Tabla 1 se listan 13 propuestas en los que se aplicaron redes neuronales para detectar noticias falsas. Adicionalmente, 12 estudios más, listados en el tercer grupo de la misma tabla, aplicaron estos modelos de aprendizaje profundo, en conjunto con modelos de aprendizaje automático. Como en el enfoque anteriormente descrito, el principal motivo de uso de ambos modelos, fue principalmente para comparar y determinar cuál de los dos enfoques de aprendizaje de la IA se adaptaba mejor a los sets de datos de noticias falsas empleados para entrenar los modelos.

Aunque dentro del aprendizaje profundo existe una variedad de modelos orientados a procesar la información usando redes neuronales artificiales, la investigación permitió identificar que solo tres de los modelos de redes neuronales existentes han sido principalmente aplicados para crear clasificadores de noticias falsas en redes sociales. Entre estos modelos de redes neuronales, resumidos en la Tabla 3, figuran los siguientes: las redes con memoria (10 estudios), redes convolucionales (7 estudios) y las redes recurrentes (5 estudios). Los resultados en términos de exactitud (*accuracy*) muestran que el modelo de red neuronal que mejor se adaptó fue una red neuronal genérica de la cual no se dio detalles con 99,90% (S33), luego, las redes convolucionales con el 96,00% (S13) y finalmente, el modelo de memoria a largo plazo con el 95,30% (S9). Sin embargo, como se evidenció en el estudio S2, la creación de modelos híbridos, han permitido alcanzar valores de precisión (accuracy) más competentes que los obtenidos por modelos que operan de forma independiente, por ejemplo, de 73.29% de precisión obtenido a partir de una red convolucional (CNN) y el 80,62% de precisión alcanzado por una red con memoria (LSTM), un modelo denominado CNN + LSTM bidireccional, alcanzó una precisión de 88.78%. Esto abre un abanico de posibilidades para seguir explorando modelos híbridos de aprendizaje profundo (i.e., S17, S26)

#	CNN	LSTM	GRU	BERT	MLP	GDL	Modelo genérico	Vanilla
S1	93,70	91,00	*	*	*	*	*	*
S9	92,40	**95,30**	*	*	*	*	*	*
S11	*	*	*	*	*	**92,70**	*	*
S12	97,5	91,80	*	*	**89,8**	*	*	*
S13	**96,00**	*	*	*	*	*	*	*
S15	*	72,20	*	*	*	*	*	*
S17	87,47		*	*	*	*	*	*
S21	*	94,30	**91,90**	*	*	*	*	*
S24	*	*	83,38	*	*	*	*	*
S25	*	*	*	96,25	*	*	*	*
S26	*	88,61		*	*	*	*	*
S32	*	21,66	21,70	*	*	*	*	21,50
S34	52,80	41,70	*	*	*	*	*	*
S2	73,29	80,62	*	*	*	*	*	*
S5	*	*	*	72,10	*	*	*	*
S16	60,00	*	*	*	58,00	*	*	*
S23	*	*	*	*	*	*	91,00	*
S28	*	76,00	74,00	*	*	*	*	*
S30	*	*	*	*	*	*	49,90	*
S33	*	*	*	*	*	*	**99,90**	*
S35	*	*	*	*	72,00	*	*	*
S39	*	*	*	*	88,36	*	*	*
S42	29,00	32,40	54,90	*	*	*	*	*
Σ	9	12	6	2	4	1	3	1

Tabla 3 – Uso de los modelos de aprendizaje profundo en los estudios analizados. CNN=redes convolucionales, LSTM=memoria de largo plazo, RNN=unidades recurrentes, BERT=representación del codificador bidireccional de los transformadores, MLP=perceptrón multicapas, GDL=aprendizaje profundo geométrico.

Es importante señalar que los porcentajes de exactitud alcanzados por los algoritmos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo es directamente dependiente de los datos y set de datos empleados para entrenar los modelos; y dependiente también del método de extracción de características aplicados sobre los datos. En la mayoría de los estudios se aplicaron métodos como: de frecuencia de término (i.e., S14), frecuencia de término - frecuencia de documento inversa (TF-IDF) (i.e., S9, S28, S44, S30), vectores globales (*GloVe*) (i.e. S9, S16) y el método *CountVectorizer* (i.e., S9, S16)

PI3: ¿Qué herramientas de software y datos se han usado para crear modelos predictivos de detección de noticias falsas en redes sociales? En lo relacionado a las herramientas de desarrollo empleadas para crear clasificadores de noticias falsas en redes sociales se empleó mayoritariamente la herramienta de programación Python (18 estudios). Python es actualmente la herramienta más popular y usada para el desarrollo de sistemas de IA, y específicamente para el desarrollo de los sistemas de minería de texto, que integran modelos de clasificación automática, se está empleando este lenguaje de programación. También se ha evidenciado el uso de las librerías de aprendizaje automático de Python como: *sci-kit learn* (6 estudios; S2, S5, S14, S16, S44, S46), Keras (4 estudios; S9, S12, S26, S42) y TensorFlow (4 estudios; S12, S13, S21, S26). De manera complementaria, también se ha empleado la librería para procesamiento de lenguaje natural, NLTK, *Natural Language Toolkit,* por sus siglas en inglés (9 estudios; S9, S15, S21, S14, S16, S39, S44, S46, S47). En otros estudios se evidenció también el uso de la herramienta de procesamiento de lenguaje natural de Google (4 estudios; S5, S8, S26, S27). Asimismo, hubo estudios que no detallaban aspectos de las herramientas de desarrollo como es el caso de los estudios S8, S10, S11, S18, S30, S33, S35, S24 y S20 haciendo que no se puedan replicar los experimentos en algunos casos.

En lo que respecta a los datos usados por las propuestas analizadas, éstas emplearon principalmente set de datos accesibles de forma pública en repositorios como: Kaggle (9 estudios; S12, S13, S8, S10, S20, S22, S30, S39, S46), GitHub (1 estudio; S17) y PolitiFact (4 estudios; S11, S16, S2, S32, S46). Se evidenció también que algunos estudios emplearon en menor proporción otras fuentes de datos como: Twitter (S28, S33), T*he New York Times* y *Washington Post* (S1), Reuter.com o *BuzzFeed* (S27, S46, S11, S27).

Es importante resaltar que en general los modelos aplicaron minería de texto sobre set de datos previamente especificados. De esta manera, los investigadores optimizaron el tiempo requerido para realizar la recolección y preprocesamiento de los datos que son el insumo para aplicar el proceso de minería de textos y llevar a cabo el proceso de entrenamiento del clasificador aplicando los algoritmos de aprendizaje supervisado, aprendizaje en el que se conocen las etiquetas de salida en el set de datos de entrenamiento. Asimismo, parte de los datos que conformaban el set de datos fueron empleados para llevar a cabo la fase de pruebas de los modelos. No obstante, en algunas propuestas, los investigadores crearon sus propios sets de datos para desarrollar sus modelos predictivos de clasificación de noticias falsas. Usaron como fuente, información de webs y blogs de noticieros. En resumen, los sets de datos empleados fueron los siguientes: NYT (S5, S9), LIAR (S16, S42, S32), News (S23), Fake News (S13, S8), Fake News Net (S2), Fake Real News (S46) y FNC-1 (S15, S17, S24, S35, S45). Otros menos populares también fueron usados o creados (S26, S19, S28, S20).

PI4: ¿En qué ámbitos se ha detectado noticias falsas en redes sociales? Cuatro de los ámbitos en los que se han enfocado las propuestas estudiadas, y orientadas a detectar noticias falsas, fueron las siguientes: política (26 estudios; S5, S8, S10, S11, S14, S16, S20, S27, S30, S39, S42, S44, S45, S47, S1, S2, S9, S12, S13, S15, S17, S24, S25, S26, S32, S34), negocios y economía (3 estudios; S5, S25, S34), sociedad, deporte y cultura (4 estudios; S5, S14, S5, S3), ciencia, tecnología y salud (3 estudios; S5, S14, S5), entretenimiento (2 estudios; S14, S34) y desastres naturales (S33). Existieron también, 7 estudios en los que no se especificaba el ámbito de las noticias falsas analizadas (S18,

S19, S22, S23, S28, S46, S21). Se evidenció que la mayor cantidad de noticias falsas están en el ámbito político, esto es, información sobre gobernantes y sus acciones. Es por ello, que a nivel de nación, los gobiernos tienen interés en palear las noticias falsas, muchas de las cuales desestabilizan sus gobiernos causando caos entre la población.

4. Conclusiones

Los resultados mostraron que los modelos de aprendizaje de IA han sido ampliamente empleados para la creación de sistemas de detección automática de noticias falsas. Con altos y bajos porcentajes de exactitud (accuracy), 22 de los clasificadores analizados integraron algoritmos basados en: árboles de decisión, teorema de Bayes, regresión logística, vecinos más cercanos, bosques aleatorios y máquinas de vectores de soporte. Este último tuvo la mejor medida de precisión, 99,9%. Por otro lado, 23 estudios restantes emplearon redes neuronales (RN). Las redes convolucionales, redes con memoria a corto plazo y las redes recurrentes, fueron las más usadas, alcanzando las redes convolucionales una precisión del 97% y un modelo genérico de red neuronal un 99,90%. Esto permite concluir que los clasificadores que aplicaron aprendizaje automático fueron más exactos para clasificar noticias falsas a partir de tweets. Sin embargo, muchos modelos están optando por combinar tanto el aprendizaje automático como el aprendizaje profundo para optimizar el proceso en distintas etapas y conseguir así una mejor medida de exactitud a la hora de detectar noticias falsas.

A pesar de que se han desarrollado una alta gama de modelos predictivos orientados a clasificar noticias falsas a partir de tweets, es aún un reto integrar estos modelos en la red social Twitter para advertir a los usuarios previo a compartir contenido. Los modelos propuestos solo han identificado características principales de los tweets que incorporan contenido de noticias falsas por lo que existe una brecha entre la detección de noticias falsas compatibles no solo con la red social Twitter; sino que sea compatible con cualquier otra de las redes sociales ampliamente usadas como lo es Facebook o blogs disponibles en Internet.

La difusión de noticias falsas a través de las redes sociales o en la web general causa impacto negativo a la sociedad de general. Aunque se ha identificado que mayoritariamente, las noticias falsas que mayormente se difunden son las del ámbito político, económico y respecto a desastres naturales, es importante ahondar esfuerzos para que aplicando la IA, y el aprendizaje automático, sea posible también identificar noticias falsas en otros ámbitos, y que no sean solo en formato texto; sino que cubra el espectro de tipos de noticias falsas descritas en (Manzoor et al., 2019), tales como: basadas en imágenes, en usuario, en conocimiento, en estilo y basadas en postura.

Referencias

Abdullah-All-Tanvir, Mahir, E. M., Akhter, S., & Huq, M. R. (2019). Detecting Fake News using Machine Learning and Deep Learning Algorithms. *2019 7th International Conference on Smart Computing and Communications, ICSCC 2019*, 1–5.

Abedalla, A., Al-Sadi, A., & Abdullah, M. (2019). A closer look at fake news detection: A deep learning perspective. *ACM International Conference Proceeding Series*, 24–28.

Adrian M. P. Brasoveanu, y R. A. (2019). Semantic Fake News Detection: A Machine Learning Perspective. *Springer Nature Switzerland*, *2*(June), 283–296.

Ahmed, H., Traore, I., & Saad, S. (2017). Detection of Online Fake News Using N-Gram Analysis and Machine Learning Techniques. *First International Conference on Intelligent, Secure, and Dependable Systems in Distributed and Cloud Environments*, *10618*, 169–181.

Allcott, H., & Gentzkow, M. (2017). Social media and fake news in the 2016 election. *Journal of Economic Perspectives*, *31*(2), 211–236.

Amine, B. M., Drif, A., & Giordano, S. (2019). Merging deep learning model for fake news detection. *2019 International Conference on Advanced Electrical Engineering, ICAEE 2019*, 5–8.

Arvinder Pal Singh Bali, Mexson Fernandes, S. C., & Goel, and M. (2019). *Comparative Performance of Machine Learning Algorithms for Fake News Detection* (Vol. 1046, Issue July). Springer Singapore.

Barua, R., Maity, R., Minj, D., Barua, T., & Layek, A. K. (2019). F-NAD: An Application for Fake News Article Detection using Machine Learning Techniques. *2019 IEEE Bombay Section Signature Conference, IBSSC 2019*, *2019Januar*, 0–5.

Borges, L., Martins, B., & Calado, P. (2019). Combining similarity features and deep representation learning for stance detection in the context of checking fake news. *Journal of Data and Information Quality*, *11*(3).

Carvalho, C., Klagge, N., & Moench, E. (2011). The persistent effects of a false news shock. *Journal of Empirical Finance*, *18*(4), 597–615.

Dong-Ho Lee, Yu-Ri Kim, Hyeong-Jun Kim, Seung-Myun Park, Y.-J. Y. (2019). Fake News Detection Using Deel Learning. *Journal of Information Processing Systems*, *15*(5), 1119–1130.

Gerardo Ernesto Rolong Agudelo1, Octavio José Salcedo Parra1, 2, & Velandia, and J. B. (2018). Raising a Model for Fake News Detection Using Machine Learning in Python. *Challenges and Opportunities in the Digital Era*, *11195*(October), 325–336.

Gilda, S. (2018). Evaluating machine learning algorithms for fake news detection. *IEEE Student Conference on Research and Development: Inspiring Technology for Humanity, SCOReD 2017 - Proceedings*, *2018-Janua*, 110–115.

Han, W., & Mehta, V. (2019). Fake news detection in social networks using machine learning and deep learning: Performance evaluation. *Proceedings - IEEE International Conference on Industrial Internet Cloud, ICII 2019*, *Icii*, 375–380.

Hiramath, Chaitra K, P. G. . D. (2020). Fake News Detection Using Deep Learning Techniques. *ISCAIE 2020 - IEEE 10th Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics*, *Ml*, 102–107.

Huang, B., & Carley, K. M. (2020). *Disinformation and Misinformation on Twitter during the Novel Coronavirus Outbreak*. http://arxiv.org/abs/2006.04278

Ibrishimova, M. D., & Li, K. F. (2020). A machine learning approach to fake news detection using knowledge verification and natural language processing. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *1035*, 223–234.

Jain, A., Shakya, A., Khatter, H., & Gupta, A. K. (2019). A smart System for Fake News Detection Using Machine Learning. *IEEE International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques, ICICT 2019*, 2–5.

Kaliyar, R. K., Goswami, A., & Narang, P. (2019). Multiclass Fake News Detection using Ensemble Machine Learning. *Proceedings of the 2019 IEEE 9th International Conference on Advanced Computing, IACC 2019*, 103–107.

Kareem, I., & Awan, S. M. (2019). Pakistani Media Fake News Classification using Machine Learning Classifiers. *3rd International Conference on Innovative Computing, ICIC 2019*, *Icic*, 1–6.

Katsaros, D., Stavropoulos, G., & Bridge, I. (2019). *Which machine learning paradigm for fake news detection ?* 383–387.

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*.

Kong, S. H., Tan, L. M., Gan, K. H., & Samsudin, N. H. (2020). Fake News Detection using Deep Learning. *ISCAIE 2020 - IEEE 10th Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics*, *Ml*, 102–107.

Kresnakova, V. M., Sarnovsky, M., & Butka, P. (2019). Deep learning methods for Fake News detection. *IEEE Joint 19th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics and 7th International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Sciences and Robotics, CINTI-MACRo 2019 - Proceedings*, 143–148.

Kumar, A., Singh, S., & Kaur, G. (2019). Fake news detection of Indian and United States election data using machine learning algorithm. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, *8*(11), 1559–1563.

Kumar, S., Asthana, R., Upadhyay, S., Upreti, N., & Akbar, M. (2020). Fake news detection using deep learning models: A novel approach. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, *31*(2), 1–23.

Lakshmanarao, A., Swathi, Y., & Srinivasa Ravi Kiran, T. (2019). An effecient fake news detection system using machine learning. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, *8*(10), 3125–3129.

Liu, H. (2019). A Location Independent Machine Learning Approach for Early Fake News Detection. *2019 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 4740–4746.

Manzoor, S. I., Singla, J., & Nikita. (2019). Fake news detection using machine learning approaches: A systematic review. *Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2019*, *Icoei*, 230–234.

Masood, R., & Aker, A. (2018). The fake news challenge: Stance detection using traditional machine learning approaches. *IC3K 2018 - Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management*, *3*(Kmis), 128–135.

Mokhtar, M. S., Jusoh, Y. Y., Admodisastro, N., Pa, N., & Amruddin, A. Y. (2019). Fakebuster: Fake news detection system using logistic regression technique in machine learning. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, *9*(1), 2407–2410.

Poddar, K., Amali, G. B. D., & Umadevi, K. S. (2019). Comparison of Various Machine Learning Models for Accurate Detection of Fake News. *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies, i-PACT 2019*, 1–5.

Qawasmeh, E., Tawalbeh, M., & Abdullah, M. (2019). Automatic Identification of Fake News Using Deep Learning. *2019 6th International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security, SNAMS 2019*, 383–388.

Reis, J. C. S., Correia, A., Murai, F., Veloso, A., & Benevenuto, F. (2019). Explainable machine learning for fake news detection. *WebSci 2019 - Proceedings of the 11th ACM Conference on Web Science*, 17–26.

Sherry Girgis, Eslam Amer, M. G. (2018). Deep Learning Algorithms for Detecting Fake News in Online Text. *2018 13th International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES)*, 93–97.

Singh, R., Chun, S. A., & Atluri, V. (2020). Developing Machine Learning Models to Automate News Classification. *The 21st Annual International Conference on Digital Government Research*, 354–355.

Supanya Aphinwongsophon, P. C. (2018). *Detecting Fake nes with Machine Learning Method*. 528–531.

Tanik Saikh, Amit Anand, AsifEkbal, and P. B. (2019). A Novel Approach Towards Fake News Detection: Deep Learning Augmented with Textual Entailment Features. In *Nldb 2019* (Vol. 1, Issue Table 1). Springer International Publishing.

Verma, A., Mittal, V., & Dawn, S. (2019). FIND: Fake Information and News Detections using Deep Learning. *2019 12th International Conference on Contemporary Computing, IC3 2019*, 1–7.

Ye-Chan Ahn, C.-S. J. (2019). Natural Language Contents Evaluation System for Detecting Fake News using Deep Learning. *2019 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, *February*, 1–9.

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (http://www.risti.xyz).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

Lo envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (http://www.risti.xyz).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

©RISTI 2021 http://www.risti.xyz

