



ISSN: 1646-9895

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

A g o s t o 2 2 • A u g u s t 2 2



©RISTI 2022 <http://www.risti.xyz>

Nº E52

Edição / Edition

N.º E52, 08/2022

ISSN: 1646-9895

Indexação / Indexing

Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, 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, University of Lisbon, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators

Manuel Rocha, ITMA, PT

Conselho Editorial / Editorial Board

A. Augusto Sousa, FEUP, Universidade do Porto, PT

A. Patrícia Oliveira, Universidade de Aveiro, 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

António Abreu, ISCAP, Politécnico do Porto, PT

António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT
Antonio Fernández-Caballero, Universidad 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
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
Bruno Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, PT
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 Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
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 Moreira, Universidade Portucalense, PT
Fernando Paulo Belfo, ISCAC, Politécnico de Coimbra, PT
Fernando Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernando Suárez, CPEIG, ES
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT
Filipe Cardoso, Instituto 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 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 Tecnológica 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 Emílio Almeida, ISTECH Porto, 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 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
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
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 Garzozzi-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 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
Sérgio 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
Sílvia 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

Índice / Index

ARTIGOS / ARTICLES

Impacto de processos tecnológicos na segurança de sistemas:
enfoque em micro, pequenas e médias empresas..... 1
Adolfo Alberto Vanti, Pedro Solana-González, Sidia Maria Callegari-Jacques

Análisis bibliométrico sobre Ciberseguridad: técnica
de ataque de suplantación de identidad y evolución 21
*Yair Rivera, Angel Dario Pinto Mangone, Samir Castaño ,
Juan Manuel Torres Tovio, Frank Ibarra Hernández, Pedro Guevara*

La intención de usar páginas de comercio
electrónico en los jóvenes universitarios 36
Karla Paola Jiménez-Almaguer

Análisis de redes neuronales artificiales para el
reconocimiento automático de plantas 52
Jorge Saa-Saltos, Llanos Mora-López, José del Campo-Ávila

Modificación de la demanda cognitiva matemática
basada en enseñanza gamificada con videojuegos 68
*Jhon Holguín-Alvarez, Fernanda Taxa, Jenny Maria Ruiz Salazar,
Juana Cruz-Montero, Evandro Tortora*

Estrategias para mitigar los ciberataques en los centros hospitalarios 87
*Jessica Garizurieta Bernabe, Rubén Alvaro González Benítez,
Karen Monserrat Cornelio López*

Aprendizaje automático aplicado al análisis del
confinamiento por COVID-19 y su relación con el
rendimiento de los estudiantes de educación superior 102
*Manuel Montaña-Blacio, Jorge González-Escarabay, Fernando Pesántez-Bravo,
Johana Briceño-Sarmiento, Oscar Jimenez-Sarango*

Minería de procesos aplicada a un sistema de solicitudes
de servicios al cliente: Un caso de estudio basado en datos 117
*Alejandra Morales, Carmen Ibeth Martínez, Juan de Jesús Amador,
Cuauhtémoc Hidalgo, Rodolfo Zolá García*

Biestabilidad perceptual en rostros andróginos:
análisis del efecto de congruencia semántica
considerando registros de actividad oculomotora..... 133
Guillermo Rodríguez-Martínez, Jairo Roberto Sojo Gómez

Aumento de disponibilidad en equipos de una empresa de polímeros enfocado en el método RCM	148
<i>Jhon Vidaurre, Melissa Pio, Rebeca Reyes, Grimaldo Quispe</i>	
Modelo de machine learning en la detección de sitios web phishing.....	161
<i>Juan Villegas Cubas, Gisela Maquen Niño</i>	
Desarrollo de una aplicación para el cálculo del riesgo de crédito en entidades del sector solidario colombiano	174
<i>María Andrea Arias-Serna, Eilin Paola Luna-Moreno, Jaime Humberto Hoyos-Barrios, Jaime Alberto Echeverri-Arias</i>	
Plataforma Colaborativa y Ubicua para la Donación de Sangre en Panamá.....	189
<i>Deyanira Torres, Juan Jose Saldana-Barrios</i>	
Modelo de Negocios Fintech Apoyado en el Capital Intelectual	206
<i>Nicolas Meneses Guerrero, Víctor Hugo Medina García, Abel Antonio Navarrete López</i>	
Marco de Trabajo para el Desarrollo de Aplicaciones móviles Educativas de Pronunciación Enfocado en Usabilidad	221
<i>Amparo de las Mercedes Meythaler Naranjo, Carlos Augusto Rubio Mera, Vicente Alexander Guevara Vega, Fanny Rosario Villagrán Vergara, Francisco José Rubio Villagrán</i>	
La influencia de los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno en la adopción de tecnologías de la información por parte de las pymes.....	236
<i>Luis Otake</i>	
Desarrollo de Lógica de Programación en los estudiantes del curso de Desarrollo de Sistemas.....	252
<i>Pio Chacón Campos, Cleofe Genoveva Alvites-Huamaní</i>	
Análisis de la Metodología AgilePM-S: una propuesta para la gestión ágil de proyectos de software.....	270
<i>Hernández Cruz Luz María, Francisco Javier Barrera Lao, Héctor Manuel Quej, Cosgaya y Roberto Carlos Canto Canul</i>	
La mensajería instantánea nicho para la cultura snack	286
<i>Lorenyi Ávila Cuintaco, Oliva Patiño Cuervo, Daniela Patiño Cuervo</i>	

Impacto de processos tecnológicos na segurança de sistemas: enfoque em micro, pequenas e médias empresas

Adolfo Alberto Vanti¹, Pedro Solana-González², Sidia Maria Callegari-Jacques³

avanti@pq.cnpq.br; pedro.solana@unican.es; sidia.jacques@ufrgs.br

¹ Pesquisador CNPq / Proj. Universal, Brasil

² Universidad de Cantabria, Av. de los Castros, s/n, Santander 39005, Cantabria, España

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Paulo Gama, 110, Bairro Farroupilha, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 90040-060, Brasil

Pages: 1-20

Resumo: Este trabalho analisou o impacto de processos tecnológicos para o aumento das garantias de segurança de sistemas junto à 180 micro, pequenas e médias empresas situadas no sul do Brasil. Para tal se utilizou de análise quantitativa de níveis de maturidade de processos do modelo COBIT. Se revisou teoricamente as principais versões do COBIT e segurança de sistemas e metodologicamente foram usadas técnicas estatísticas de correlação linear simples de Pearson, correlação não paramétrica de Spearman e regressão linear simples e múltipla. Os achados em gestão estão relacionados com o processo tecnológico de conformidade dos requisitos externos para gerar aumento das garantias de sistemas, entre outros processos que relacionados trouxeram importância secundária ao processo decisório.

Palavras-chave: Segurança dos sistemas; Processos tecnológicos; COBIT; PME.

Impact of technological processes on system security: focus on micro, small and medium-sized enterprises

Abstract: This work analysed the impact of technological processes to increase system security guarantees for 180 micro, small and medium-sized companies located in southern Brazil. To this end, a quantitative analysis of the process maturity levels of the COBIT model was used. The main versions of COBIT and system security were theoretically reviewed and statistical techniques of simple linear correlation of Pearson, non-parametric correlation of Spearman and simple and multiple linear regression were used methodologically. The findings in management are related to the technological process of compliance of external requirements to generate an increase in system guarantees, among other related processes that brought secondary importance to the decision-making process.

Keywords: Systems security; Technological processes; COBIT; SME.

1. Introdução

A relação de processos tecnológicos com a segurança de sistemas impacta de maneira diferenciada para empresas variando o porte, o setor empresarial, a norma estudada, o framework e estratégia empresarial. O setor financeiro trata a informação de maneira muito estratégica, as empresas exponenciais da mesma maneira pois esse ativo vende mais, vende melhor e muitas vezes automaticamente. Normas ISO de segurança da informação ou instrumentos como o COBIT, aqui estudado como mesmo na sua versão mais recente, a versão 2019 (ISACA, 2021), procuram integrar de maneira operacional ao estratégico a importância devida da informação bem como sua proteção.

Assim, o enfoque na segurança dos sistemas é uma abordagem com impacto estratégico na qual as instituições convertem dados operacionais em ativos extremamente valiosos. Neste trabalho se analisam com ferramentas estatísticas os dados de maturidade em processos tecnológicos de 180 micro, pequenas e médias empresas para compreender melhor esse diálogo entre processos de TI e segurança, de maneira mais macro que extrapola as próprias fronteiras de estudos organizacionais por ser uma análise mais setorial.

O conjunto de normas internacionais ISO 27000 sobre segurança da informação e COBIT (principalmente as versões 4.1, 5 e 2019) geram controles em sistemas e processos operacionais tecnológicos que buscam aumentar as garantias de Governança de Tecnologia da Informação (GTI) e de Governança Corporativa (GC) (OECD, 2018) através de adequada maturidade em processos tecnológicos (Debrecey & Gray, 2013) e da difícil governança da própria segurança da informação (Slayton, 2021) mas que trate de sua incerteza de seu gerenciamento através de análise de riscos.

Um dos aspectos importantes no controle e gerenciamento de dados refere-se à aplicação de técnica quantitativa estatística com o uso do SPSS que nesse trabalho foi realizado junto ao processo DS5 (Garantir Segurança dos Sistemas), analisado neste estudo. O COBIT é um modelo de avaliação de processos tecnológicos para fins de controle, amplamente utilizado que em sua versão 4.1 apresenta seus 4 domínios consideram Planejamento e Organização (PO), Aquisição e Implementação (AI), Entrega e Suporte (DS) e Monitoramento (MO). Referido framework possui etapas de evolução, porém a base de dados analisada está relacionada com esta versão.

Se apresenta com versões diferentes como a versão 5 cascadeando muito bem os objetivos corporativos aos tecnológicos de maneira integrada e agregando valor em benefícios, custos/riscos e recursos, mas com limitações na operacionalidade dos habilitadores. A Tabela 1 da continuação apresenta os objetivos de TI relacionados com as dimensões ou perspectivas do *Balanced Scorecard* (BSC) (Kaplan & Norton, 2004).

A versão mais recente do COBIT nos traz um diálogo melhor com a terminologia de estratégia, da visão do gestor com maior protagonismo frente aos processos tecnológicos e assim o próprio framework vai se transformando mais em objetivos do que processos porque há maior consciência que a empresa não pode ser encarada somente com a visão de processos, mas que se necessita permanentemente melhorar o processo decisório (Simon, 1961).

Dimensão BSC de TI	Objetivo da Informação e Tecnologia Relacionada	
Financeira	01	Alinhamento da estratégia de negócios e de TI
	02	Conformidade de TI e suporte para conformidade do negócio com as leis e regulamentos externos
	03	Compromisso da gerência executiva com a tomada de decisões de TI
	04	Gestão de risco organizacional de TI
	05	Benefícios obtidos pelo investimento de TI e portfólio de serviços
	06	Transparência dos custos, benefícios e riscos de TI
Cliente	07	Prestação de serviços de TI em consonância com os requisitos de negócio
	08	Uso adequado de aplicativos, informações e soluções tecnológicas
Interna	09	Agilidade de TI
	10	Segurança da informação, infraestrutura de processamento e aplicativos
	11	Otimização de ativos, recursos e capacidades de TI
	12	Capacitação e apoio aos processos de negócios através da integração de aplicativos e tecnologia
	13	Entrega de programas fornecendo benefícios, dentro do prazo, orçamento e atendendo requisitos
	14	Disponibilidade de informações úteis e confiáveis para a tomada de decisão
	15	Conformidade de TI com as políticas internas
Treinamento e Crescimento	16	Equipes de TI e de negócios motivadas e qualificadas
	17	Conhecimento, expertise e iniciativas para inovação dos negócios

Tabela 1 – Objetivos da informação e tecnologia nas dimensões do BSC.

Fonte: Elaboração própria, com base em Bernard (2012)

Estes autores defendem isso há muitos anos frente a algumas visões limitadas, visões mais técnicas que muitas vezes não conseguem gerenciar as atividades de maneira complexa e holística e que não percebem fenômenos emergentes estratégicos (Mintzberg, 1994), criativos e inovadores do conhecimento empresarial (Davenport & Prusak, 1998) e da geração de resultados complexos (Bonabeau, 2002). Estes fenômenos são os relacionados na empresa ao alinhamento estratégico em que são significativos (Morin, 2003) em pequenas variações, mas geram grandes impactos na vantagem competitiva (Argyris, 1996; Porter, 1990) e na segurança de sistemas pois com a pandemia Covid-19 cresceram muito as fraudes virtuais.

Isso também se reflete nas garantias de práticas de adequada governança corporativa, esta considerada como um significativo sistema que dirige e monitora processos organizacionais envolvendo principalmente os relacionamentos entre sócios, conselho, diretoria, órgãos de fiscalização e controle junto a stakeholders (IBGC, 2020). E se amplia também necessariamente quando se considera a cultura organizacional e a organização como um ser vivo (Morgan, 1986), com fatores homogêneos e heterogêneos (Schein, 1992), com comportamentos até antropológicos, ideológicos e sociológicos de

história, mito e lenda (Peters & Waterman, 1982). Assim sociedades mais individualistas ou de grupo como as diferentes culturas nacionais que impactam nas organizações se apresentam, desde a individualista norte americana até a grupal cultura japonesa ou mesmo passando pelas culturas de sociedades latinas da busca prioritária por emprego estável (Hofstede, 1984).

Assim, esse alinhamento estratégico que é recuperado na versão do COBIT 2019 se estabelece frente à cultura forte ou fraca do trabalho com seus comportamentos de liderança, valores, crenças, linguagens, ritos, símbolos, regras sociais entre outros aspectos (Peters & Waterman, 1982), (Morgan, 1986; Schein, 1992).

Sendo assim a segurança acaba sendo tratada de maneira secundária mas que vem se invertendo muito na última década com a participação dos próprios usuários (Bulgurcu, Cavusoglu, & Benbasat, 2010; Spears & Barki, 2010) que são tratados como os recursos mais valiosos na gestão de risco da segurança de informações mas que falham muito nos capítulos dessas normas quando se referem a Recursos Humanos pois possuem um enfoque muito técnico e limitado que se caracteriza em um ciclo entrópico com pouca visão estratégica e aos objetivos corporativos. Esta visão, porém, também pode ser analisada de diferente maneira pois os funcionários principalmente com a pandemia sanitária apresentam comportamentos de desengajamento e comportamentos contraproducentes em suas responsabilidades com a informação (Hadlington, Binder, & Stanulewicz, 2021).

O problema de pesquisa formulado neste trabalho é: quais processos tecnológicos mais impactam na Segurança de Sistemas considerando uma análise junto a micro, pequenas e médias empresas? Este problema é respondido nesse estudo considerando de maneira operacional, mas atendendo à consciência estratégica cultural das organizações. Para tal, de maneira prática, foram examinados esses processos em uma extração de 180 empresas do setor industrial localizadas principalmente no sul do Brasil, nas quais as relações entre os processos tecnológicos foram analisadas com o uso de técnicas estatísticas de correlação linear simples de Pearson, correlação não paramétrica de Spearman e regressão linear simples e múltipla.

Por fim, o trabalho está estruturado e uma revisão da literatura com segurança de sistemas e processos tecnológicos para logo alcançar a metodologia e o posicionamento de análises via correções e regressões com o uso intensivo de SPSS para finalmente apresentar os resultados da pesquisa, conclusões e referências bibliográficas.

2. Revisão da literatura

Nesta revisão foram contemplados temas relacionados à segurança de sistemas e processos tecnológicos considerando análise do COBIT.

2.1. Segurança de sistemas

Segurança de sistemas está completamente integrada com segurança da informação praticamente como sinônimos pois segurança de sistemas atua na segurança da mesma, dos ativos da informação que tanto as empresas preservam atualmente. A segurança de sistemas é estratégica porque se falha o sistema, falha a estratégia, falha a empresa

e muito em sua integridade da informação na confidencialidade (Dhillon & Backhouse, 2000) e disponibilidade. Pontos-chave são importantes para minimizar problemas de cibersegurança como os analisados em relatórios Europol (2020) (Internet Organized Crime Threat Assessment) de *ransomware*, *malware*, CaaS, engenharia social que tenta manipular funcionários para colocar em risco a segurança de sistemas (Grassegger & Nedbal, 2021), *phishing* e BEC.

Estas falhas, que podem variar muito, são avaliadas de maneira organizacional com estudos de caso em diferentes empresas ou de maneira externa em comparativos entre empresas, como analisado neste trabalho. A forma aqui que se avaliou o nível de impacto de processos tecnológicos em segurança de sistemas se dá através de níveis de maturidade com base no modelo COBIT (Young & Windsor, 2010). Então, a segurança de sistemas está ligada as normas ISO/IEC 27002: 2007 e ISO/IEC 27032: 2012 que objetivam eliminar os riscos de falta de segurança da informação (Shamala, Ahmad, Zolait, & bin Sahib, 2015), controles de seguridade (Rohn, Sabari, & Leshem, G., 2016), diretrizes para a segurança em internet e cibersegurança (Malatji, Marnewick, & Von Solms, 2021) e melhoria da conformidade das informações (Buccafurri et al., 2015; Safa, Von Solms & Furnell, 2016), porque os sistemas muitas vezes não são projetados prioritariamente para serem seguros mas para resolverem problemas organizacionais.

Com isso é realizada a conexão entre TI e estratégica em forma de cascata como defendido em COBIT cujos objetivos de TI se relacionam aos objetivos corporativos do BSC (Kaplan & Norton, 2004), proporcionando maior conformidade, transparência, prestação de contas e redução de risco (IBGC, 2015; ISACA, 2018; OECD, 2018) à empresa.

Assim que bancos e financeiras possuem alto nível de maturidade de seus processos tecnológicos pois dessa forma garantem segurança de sistemas e boas práticas de governança corporativa de tecnologia da informação, podendo realizar alinhamento estratégico de maneira mais eficaz sem perder robustez de sua origem conceitual na governança de TI que são os direitos de decisão e de matriz de responsabilidades para motivar comportamentos desejáveis no uso da TI de uma empresa (Weill & Ross, 2005; ITGI, 2003). Este enfoque é multidisciplinar na empresa se integrando com outros processos como a *accounting information systems* (Wilkin & Chenhall, 2010) que gerencia a previsão de investimentos em estruturas, pessoas e mecanismos relacionados, reduzindo-se retrabalhos e decisões equivocadas e pouco tempestivas que conduzem a riscos financeiros, operacionais, tecnológicos entre outros que afetem diretamente seus ativos.

Nesse trabalho, esses níveis de maturidade foram caracterizados pelas análises COBIT (ISACA, 2018) e, mais especificamente ao processo tecnológico DS5 - Segurança de Sistemas -, em aplicações sobre 180 empresas brasileiras de diferentes setores. Com essas análises pode-se também “girar” diversas análises como verificar o impacto de processos envolvendo RH na segurança de sistemas. Salienta-se isso porque muitas vezes tecnicamente esse enfoque é muito limitado pois alcançar uma conformidade corporativa também depende de uma sustentação na gestão da cultura organizacional (Morgan, 1986) e de proteção de dados pois os funcionários podem desenvolver aplicações de TI que vão além daquelas somente relacionadas com indicadores de desempenho.

O profissional de gestão, assim, avança rapidamente alinhando atividades variadas de boas práticas de TI, governança e estratégia com conceitos tecnológicos robustos de segurança de sistemas, redefinindo sua própria formação e atuação em mercado tão competitivo e que deve prestar contas a diversos órgãos regulatórios como o atual.

2.2. Processos tecnológicos

Os processos operacionais são gerenciados e monitorados para que estejam bem dimensionados, bem estruturados e com isso se possa desenvolver aplicações de sistemas mais robustas (Alkhaldi, Hammami, & Uddin, 2017) e mais adequadas à governança corporativa. Isso se dá com o atendimento de requisitos e aumento de segurança de sistemas através da governança tecnológica (ISACA, 2012) onde se posiciona e atua o modelo COBIT (ISACA, 2018).

O COBIT 2019 nos amplia o enfoque de requisitos da informação que regulam a segurança dos sistemas e os processos tecnológicos numa agregação de valor alcançando os requisitos de precisão, objetividade, credibilidade, reputação, relevância, amplitude, atualização, adequação, concisa, consistente, interpretável, compreensível, manuseável e informação restringível quando necessária (ISACA, 2021). Estes requisitos atendem a uma GTI (Weill & Ross, 2005, pp. 2-11; ITGI, 2003) e uma GC que é tão necessária desde alguns anos atrás devido principalmente às crises financeiras e escândalos econômicos já tão difundidos na literatura mas que dá continuidade em uma integridade de processos respeitando a governança local em diferentes aplicações como no ensino superior (Gerl, von der Heyde, Groß, Seck, & Watkowski, 2021) e na qualidade de serviço nesse mesmo tipo de instituição (Justitiaa, Zaman, & Putra, 2021).

Dessa forma foi possível realizar um diagnóstico dos domínios e respectivos processos, que neste estudo focou no DS5 - Garantir Segurança dos Sistemas - (Aguiar, Pereira, Vasconcelos & Bianchi, 2018), e foi obtida pela aplicação de *framework* do COBIT (ITGI, 2007) em 180 empresas que operam em diferentes setores de produção (maior parte em indústrias metal-mecânica, química e calçadista), situadas principalmente na região sul do Brasil. Logo foi realizado um recorte final para a análise estatística de micro, pequenas e médias empresas, excluindo-se as grandes empresas.

Assim, a garantia de sistemas DS5 está classificada no domínio Entrega e Suporte (DS), o qual se refere à entrega dos serviços solicitados, incluindo entrega de serviço, gerenciamento da segurança e continuidade, serviços de suporte para os usuários e o gerenciamento de dados e recursos operacionais. Esta estrutura de gestão da informação e da governança tecnológica do COBIT não pode ser tratada de maneira simplista, o que nos levou a usar técnicas estatísticas de correlação e regressão linear múltipla, que geraram resultados estatisticamente significativos e com aplicação prática potencial interessante.

COBIT 2019 é mantido pela *Information Systems Audit and Control Foundation* (ISACA), instituição sem fins lucrativos que possui participantes em torno de 140 mil profissionais distribuídos em 188 países. Esse *framework* possui a sua versão mais recente a do ano de 2019 (ISACA, 2021) e com ela se adapta ainda melhor à visão de negócios (mais informação que tecnologia), às pequenas e médias empresas, às novas

demandas do mercado e tecnológicas sem perder robustez de sua estruturação de avaliação de processos de TI que já vinha evoluindo em versões anteriores. Também considerou instrumentos de aplicação como a matriz de responsabilidades RACI – *Responsible, Accountable, Consulted, Informed* – no mapeamento de processos na versão anterior (a versão 5), bem como o mapeamento dos objetivos corporativos com o de TI conforme a Figura 1 da continuação.

		Objetivo Corporativo																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Objetivo de TI		Financeira					Cliente					Interna					A&C	
Financeira	01 Alinhamento da estratégia de TI e de negócios	P	P	S			P	S	P	P	S	P	S	P			S	S
	02 Conformidade de TI e apoio para a conformidade do negócio com as leis e regulamentos externos			S	P											P		
	03 Compromisso da gerência executiva com a tomada de decisões de TI	P	S	S					S	S		S		P			S	S
	04 Gestão do risco organizacional de TI			P	S			P	S		P		S		S	S	S	
	05 Benefícios obtidos pelo investimento de TI e portfólio de serviços	P	P				S		S		S	S	P		S			S
	06 Transparência dos custos, benefícios e riscos de TI	S		S		P			S	P		P						
Prestação de serviços de TI em consonância com os																		

Figura 1 – Mapeamento dos objetivos corporativos com os de TI.

Fonte: ISACA (2012)

Para ISACA, COBIT é um modelo para a governança e gestão de tecnologia da informação empresarial para alcançar suas estratégias, objetivos e metas corporativas de TI em uma organização, sendo também considerado um modelo de boas práticas.

Conforme ISACA o COBIT 2019 em relação às outras versões mantém conceitos chave e recupera o conceito de alinhamento, avalia a capacidade do processo também recuperando o CMMI – *Capability Maturity Model Integration* –, conduz ao código aberto, direciona o fator de Design, define áreas de foco como PMEs e transformação digital com código aberto e colaborativo. Assim, os objetivos de governança e gestão estão alinhados aos objetivos da empresa e estes estão relacionados a um processo e a um conjunto de Componentes. São 40 objetivos nos quais 5 são de governo/governança e 35 são de gestão, distribuídos agora nos domínios de acordo com a EDM – *Evaluate, Direct, Monitoring* – agrupando os Objetivos de Governo e os Objetivos de Gestão nos domínios chamados APO, BAI, DSS e MEA.

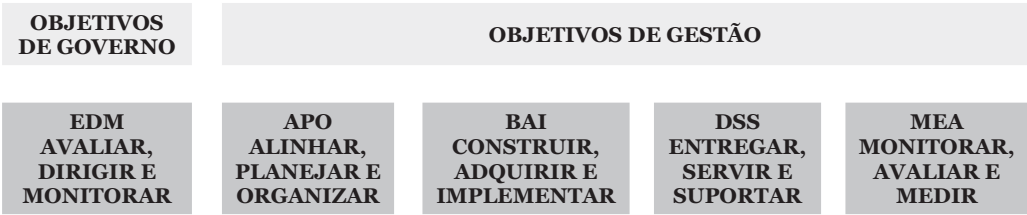


Figura 2 – Objetivos de governança e gestão do COBIT 2019.
Fonte: (ISACA, 2021)

Assim, com um maior enfoque de alinhamento estratégico do COBIT 2019 para o posicionamento Porteriano de diferenciação é que situa a empresa no mercado perante as incertezas de riscos (ISACA, 2021). Porém isso não garante que a mesma alcance e mantenha esse posicionamento porque além das forças que influenciam toda uma cadeia e rede de valores, também a empresa depende de um mergulho organizacional em sua cultura, seus comportamentos e nas relações com as forças estratégicas (Morgan, 1986; Schein, 1992).

Esse posicionamento interno pode ser inserida em sistemas através do desenvolvimento de uma cultura mais densa em seus funcionários desde que a mesma seja trabalhada de maneira consciente, envolvendo inclusive diferentes tipos de ritos como de passagem, de degradação, de confirmação, de reprodução, de redução de conflito e de integração (Beyer & Trice, 1987) e caracterizando uma cultura organizacional com seus diferentes níveis como o de artefatos visíveis, dos valores que governam os comportamentos das pessoas e do nível de pressupostos inconscientes (Trice & Beyer, 1984).

Empresas procuram melhorar continuamente suas forças e fraquezas, procuram entender melhor as oportunidades e ameaças, mas conectam insistentemente a SWOT – *Strength, Weakness, Opportunities and Threats* – nela mesma sem conectar-se com objetivos e ações da empresa. Desta forma desconsideram ou consideram de maneira limitada as relações de incidência e de pertinência difusas e assim operam de maneira muitas vezes descoladas com a realidade de mercado. Já o alinhamento via BSC liderado por Kaplan e Norton (2004) atende bem a cascada de objetivos corporativos de maneira linear, mas não alcança bem a SWOT nas suas interligações. Então, há a preocupação que se continue alinhando a área operacional com a estratégica e com a governança de maneira mais coerente com as complexidades que o mercado impõe.

O que se conhece muito e de maneira também prática é desenvolver cálculos de médias aritméticas que não representam bem a complexidade organizacional por não perceberem o efeito de complexidade como o efeito “borboleta” em que pequenas diferenças nas condições iniciais de um sistema dinâmico podem ter um efeito enorme no resultado deste mesmo sistema (Gleiser, 2002). Por isso, é necessário ampliar para cálculos diferenciados passando por médias geométricas e/ou envolver técnicas como a lógica difusa (Klir, Clair, & Yuan, 1997; Zadeh, 1965) sustentada pela teoria dos conjuntos que possibilitam desenvolver o trato de dados e informações como um processo colaborativo

externo de incidência e que permitem a um entendimento da aprendizagem contínua (Argyris, 1996) que inove com novos produtos junto ao mercado.

Assim, uma estratégia pretendida sofrerá menos influências de incertezas que as convertem em estratégia realizada, principalmente devido a eventos ambientais, mas também aos eventos organizacionais de investimentos como em pessoal que provocam as mudanças (Mintzberg, Ahlstrand, & Lampel, 1998; Prahalad & Hamel, 1990) significativas que a empresa necessita.

Para desenvolver esse acultramento e consciência do trato da segurança de sistemas junto aos processos tecnológicos é que esse trabalho atua, com técnica estatística para reduzir as instabilidades ocasionadas nos sistemas de informações, mas também além disso, desenvolver enfoques em que se aumente as garantias de segurança de sistemas que fazem parte de uma governança corporativa e de TI e consequentemente da estratégia da empresa.

Conforme Wright, Kroll e Parnell (1998, p. 24), estratégia refere-se aos planos da alta administração para alcançar resultados consistentes com a missão e os objetivos gerais da organização, podendo-se encarar a estratégia de três pontos de vantagem: a formulação da estratégia, a sua implementação e o controle estratégico.

Neste trabalho foram realizadas análises em base de dados com técnica estatística de correlação e regressão. Resultados consistentes foram encontrados que impactam estrategicamente as instituições avaliadas sob esse enfoque e sob diversas perspectivas tanto técnicas, quando de entrega de serviços, de planejamento e organização e mesmo comportamental. Dessa forma, a transformação de todo o conhecimento da empresa em valor para ela exige um ambiente transparente e seguro em que a alta maturidade no desenvolvimento de processos de negócios e os tecnológicos manterá a empresa competitiva (Raisinghani, 2000). Estas estão explicadas na metodologia e aplicadas na sua sequência.

3. Metodologia

A metodologia utilizada no modelo computacional que avaliou a segurança de sistemas através do processo DS5 em processos tecnológicos do *framework* internacional COBIT que alcança a GTI e que atende à estratégia organizacional foi quantitativa, com técnicas estatísticas de correlação e regressão linear múltipla. Assim se objetivou analisar o impacto dos processos tecnológicos com as garantias de segurança da informação através de níveis de maturidade (0 a 5) e assim integrar aspectos operacionais de sistemas com a estratégia empresarial.

A aplicação estatística realizada também foi convergente com um processamento de mineração de dados que possibilita o aprendizado de máquina (Farazzmanesh & Hosseini, 2017). Assim, a coleta de dados realizada gerou uma base que vem sendo alimentada desde 2012 com empresas, as quais participam/colaboram em atividades e projetos de várias universidades, sendo que destas vem evoluindo nos melhores frameworks de governança de TI ou corporativa de TI como é o COBIT. Os níveis de maturidade da empresa são assim distribuídos:

0. – *Inexistente*: Neste nível há uma absoluta falta do processo. A organização não tem conhecimento sobre as implicações que a falta do processo pode gerar.
1. – *Inicial*: Neste nível os processos são esporádicos e desorganizados, não existe documentação e controle algum.
2. – *Repetitivo*, mas intuitivo: Neste nível os processos seguem um padrão de regularidade, com alta dependência do conhecimento dos indivíduos.
3. – *Definido*: Neste nível os procedimentos estão estabelecidos e são cumpridos. Inicia o uso de indicadores para controle.
4. – *Gerenciado*: Neste nível os processos estão integrados e alinhados. As metas e planos são baseados em dados e indicadores consistentes.
5. – *Otimizado*: Boas práticas são seguidas e automatizadas, com base em resultados de melhoria contínua.

As avaliações realizadas pelos respondentes se deram via escalas Likert em *survey* (com os escores variando entre 0 e 5) e alcançou a totalidade dos 34 processos de empresas diferentes. Para se avaliar o impacto de diversos processos tecnológicos sobre o processo específico que foi foco deste trabalho (DS5 – Garantir Segurança dos Sistemas), foram consideradas avaliações envolvendo 10 processos de Planejamento e Organização (PO), sete de Aquisição e Implementação (AI) e quatro de Monitoramento (MO), em um total de 21 processo.

O processo DS5 de garantia de segurança de sistemas estabelece uma relação de pertinência e de associação com os demais e estes com ele, gerando uma melhor GC e GTI e consolidando melhor a estratégia empresarial porque os objetivos de negócio estão ligados aos objetivos de TI. Dessa forma, os processos foram tratados com técnicas estatísticas que associaram as potencialidades entre eles e assim pode-se decidir sobre investimentos e prioridades para tratar as vulnerabilidades de processos tecnológicos.

Complementarmente, a análise quantitativa permite ao decisor compreender também a hierarquização e as conexões entre os diferentes processos tecnológicos e essas relações para a melhoria do processo decisório (Simon, 1996). Esse relacionamento também se dá entre os componentes do COBIT visando aos objetivos de negócios, que, em forma de cascata, descem para atividades-chave, formas de medição (onde está a maturidade), controle de resultado de testes e objetivos de controle.

Para responder à questão de quais processos tecnológicos mais impactam na segurança de sistemas e consequentemente na estratégia e governança, se utilizou uma análise quantitativa envolvendo o processo DS5 – Garantir Segurança dos Sistemas do COBIT. Assim, analisando os processos tecnológicos que têm maior repercussão na segurança de sistemas podemos aumentar a garantia deles, e como resultado garantir uma boa prática de governança de TI e consolidação da estratégia organizacional.

Para a análise quantitativa, foram usadas técnicas de correlação linear simples de Pearson, correlação não paramétrica de Spearman e regressão linear simples e múltipla através do software SPSS v.18.

3.1. Técnicas de correlação e regressão

A análise da relação entre variáveis depende do tipo de variável utilizada. Entre variáveis quantitativas, usam-se técnicas de correlação e/ou regressão. Com o coeficiente de

correlação de Pearson se avalia o quanto as alterações em uma variável estão associadas a mudanças em outra. Correlação não implica em causalidade, que envolve aspectos filosóficos e metodológicos mais elaborados. Mas a presença de correlação estatística entre duas variáveis mostra indícios de uma relação entre elas que possa ter interesse prático.

A análise inicia com a elaboração de um diagrama de dispersão de pontos, seguido do cálculo do coeficiente de correlação e finalmente o teste de sua significância estatística. O coeficiente de correlação produto-momento de Pearson “ r ” e deste ponto em diante simplesmente “coeficiente de correlação” que mede o grau de associação entre as duas variáveis quantitativas.

O teste estatístico do coeficiente de correlação permite calcular a probabilidade de que um valor igual ou maior do que o obtido seja observado caso não exista correlação entre as variáveis. Esta probabilidade é geralmente denominada valor-P, ou simplesmente P e ela é calculada supondo que não existe correlação entre X e Y . Se o valor-P for baixo, digamos 0,05, indica que se na verdade não houver correlação, a probabilidade de ocorrer, em uma amostra aleatória, um valor tão ou mais alto que o obtido é no máximo 0,05. O teste do coeficiente de correlação é um teste “ t ” de Student.

O coeficiente de Pearson é um teste paramétrico em que o pressuposto mais importante é o de que os dados das duas variáveis são provenientes de uma população onde a distribuição é bivariada Normal. No gráfico de pontos, esta distribuição aparece como uma nuvem elíptica. Se esse não for o caso, calcula-se e testa-se o coeficiente de correlação não paramétrico de Spearman (Dancey & Reidy, 2019). Este coeficiente mede a correlação entre os postos ou posições de cada valor da variável em relação aos demais valores da mesma. Para testar este coeficiente, as pressuposições são mais “frouxas” que as necessárias para testar o coeficiente de correlação de Pearson.

A análise de regressão amplia a análise de correlação e produz um coeficiente de regressão “ b ”, que indica qual o aumento (ou decréscimo) esperado em Y para o aumento padrão de uma unidade na variável X . A regressão de Y sobre X é representada pela linha que passa à menor distância de todos os pontos. Assim como para o coeficiente de correlação, a conclusão sobre a dependência estatística de Y em relação a X está sujeita ao erro amostral. O teste de significância do coeficiente de regressão é um teste “ t ” de Student e o valor-P resultante mede a probabilidade de ocorrer o coeficiente de regressão observado (ou um ainda mais extremo) caso não haja dependência de Y em relação a X .

Em uma extensão desta análise, é possível avaliar o efeito de várias variáveis (designadas X_1 , X_2 , X_3 etc.) sobre a variável dependente (Y). Na análise de regressão linear múltipla, os coeficientes de regressão são coeficientes. Cada um indica o incremento esperado em Y para o aumento de uma unidade no preditor, levando em conta (ou ajustando pela) a presença das demais variáveis X no modelo de regressão múltipla.

A regressão múltipla é usada para se avaliar o efeito geral de um conjunto determinado de variáveis sobre Y ou para avaliar o efeito de uma variável X específica, controlando por outras que podem confundir o efeito do preditor. Nesta análise, o teste do efeito de cada variável é “ t ” de Student parcial e o resultado está sempre ajustado pela presença das demais variáveis X no modelo.

No presente estudo foram realizadas, inicialmente, análises de correlação entre a variável de interesse DS5 e cada um dos processos dos domínios PO (10 processos), AI (7) e MO (4), totalizando 21 processos. A seguir, foram efetuadas três análises de regressão múltipla, uma para cada domínio, em que Y foi DS5 e X foram todos os processos do domínio em análise. Finalmente, o processo mais relevante de cada um dos três domínios foi selecionado e as três foram analisadas conjuntamente em uma análise de regressão múltipla. Em todas as análises, o nível de significância escolhido foi 0,05.

4. Resultados

O problema de pesquisa se referia a: quais processos tecnológicos mais impactam na segurança de sistemas? Este foi o problema definido de pesquisa e para respondê-lo se utilizou uma análise quantitativa envolvendo o processo DS5 de segurança de sistemas do COBIT. Assim, objetivando analisar processos tecnológicos que mais impactam na segurança de sistemas podemos aumentar a garantia deles, e consequentemente garantir uma boa governança de TI e alcançar a estratégia organizacional.

Os coeficientes de correlação de Pearson (r) e não paramétrico de Spearman (rS) entre os escores obtidos para o DS5 e cada um dos processos de três domínios do COBIT estão apresentados na tabela 1. O coeficiente de Spearman foi também calculado porque, para dados em escala de Likert, a pressuposição de normalidade nem sempre é satisfeita. Observou-se, no entanto, que em todas as variáveis, a diferença entre os coeficientes “r” e “rS” foi mínima, na ordem de 0,01. Decidiu-se, então, seguir com as análises deixando de lado as técnicas não paramétricas.

Processo	r Pearson	rS Spearman
Planejamento e organização:		
PO1 - Define o planejamento estratégico de TI.	0.439	0.428
PO2 - Define a arquitetura da informação.	0.449	0.459
PO3 - Determina as diretrizes da Tecnologia.	0.480	0.466
PO4 - Define a organização de TI e seus relacionamentos.	0.432	0.421
PO5 - Gerencia o investimento de TI.	0.519	0.518
PO6 - Comunica as metas e diretrizes gerenciais.	0.306	0.311
PO7 - Gerencia os RH de TI.	0.311	0.313
PO8 - Gerencia a qualidade.	0.284	0.288
PO9 - Avalia e gerencia os riscos.	0.408	0.402
PO10 - Gerencia os projetos.	0.411	0.405
Aquisição e implementação:		
AI1 - Identifica soluções de automação.	0.409	0.407
AI2 - Adquiri e mantém <i>software</i> aplicativo.	0.416	0.422
AI3 - Adquire e mantém a arquitetura tecnológica.	0.535	0.529
AI4 - Desenvolve e mantém procedimentos de TI.	0.467	0.480
AI5 - Obtém recursos de TI.	0.590	0.581

Processo	r Pearson	rS Spearman
AI6 - Gerenciar mudanças	0.455	0.457
AI7 - Instala e certifica soluções e mudanças.	0.469	0.458
Monitoramento:		
MO1 - Monitora e avalia a desempenho de TI.	0.437	0.440
MO2 - Monitora e avalia o controle interno.	0.465	0.461
MO3 - Assegura a conformidade aos requisitos externos.	0.449	0.443
MO4 - Fornecer governança de TI.	0.439	0.428

¹ Todos os coeficientes são estatisticamente significativos ($P < 0,001$)

Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear de Pearson (r) e não-paramétrico de Spearman (rS) entre os escores de DS5 e cada um dos escores dos processos de três domínios do COBIT, em microempresas e empresas de pequeno e médio porte (N = 180)

As correlações entre DS5 e os demais processos foram todas estatisticamente significativas ($P < 0,001$), com valores que mostraram alguma variação dentro do mesmo domínio. No domínio Planejamento e Organização (PO), os coeficientes de oscilaram entre 0,28 (PO8) e 0,52 (PO5), em Aquisição e Implementação (AI) variaram entre 0,41 (AI1 e AI2) e 0,59 (AI5) e no domínio de Monitoramento (MO) ficaram entre 0,44 e 0,46.

As maiores correlações (“r” acima de 0,47) com DS5 ocorreram, no domínio PO, com os processos PO3 e PO5, enquanto no domínio Aquisição e Implementação (AI) foram com os processos AI5, AI4 e AI7. No domínio de Monitoramento (MO), as correlações foram 0,44, com uma exceção (MO2 = 0,46). Como seria de se esperar, em cada domínio os escores dos processos tecnológicos estão correlacionados entre si.

Considerando que os processos estão correlacionados, a pergunta é: haverá algum que impacta mais, se considerarmos a correlação entre eles? A análise de regressão linear múltipla foi usada para avaliar o efeito individual de cada processo, ajustando pela correlação que ele tem com os demais processos do domínio. Foram realizadas três análises, uma para cada domínio de processos.

A Tabela 3 apresenta os resultados da regressão múltipla para o domínio Planejamento e Organização (PO).

Devido à correlação interna (multicolinearidade) entre os processos de PO, quando se analisar todos os processos juntos a significância estatística da relação de 8 processos com DS5 se perde. Assim se vê que quando se ajusta pelos demais processos, PO5 - Gerencia o investimento em TI é o processo que mais está associado a DS5 ($b=0,32$; $P=0,001$). O processo PO6 - Comunica as metas e diretrizes gerenciais também tem relação com DS5, mas se ajustado pelo efeito dos demais processos, a relação é negativa ($b=-0,27$; $P=0,014$).

Processos de Planejamento e Organização	B ajustado	P
PO1 - Define o planejamento estratégico de TI.	0,105	0,432
PO2 - Define a arquitetura da informação.	0,136	0,272
PO3 - Determina as diretrizes da tecnologia.	0,099	0,411
PO4 - Define a organização de TI e seus relacionamentos.	0,127	0,158
PO5 - Gerencia o investimento de TI.	0,317	0,001
PO6 - Comunica as metas e diretrizes gerenciais.	-0,268	0,014
PO7 - Gerencia os recursos humanos de TI.	0,110	0,282
PO8 - Gerencia a qualidade.	-0,146	0,123
PO9 - Avalia e gerencia os riscos.	0,157	0,125
PO10 - Gerencia os projetos.	0,098	0,313

Tabela 3 – Regressão múltipla de DS5 em relação aos processos do domínio Planejamento e Organização (PO): coeficientes de regressão ajustados e valores-P

O resultado relativo a PO5 já podia ser antecipado pela análise de correlação simples (Tabela1), mas o efeito de PO6 é um resultado novo, que reflete a importância de considerar a correlação entre variáveis do mesmo domínio. Os coeficientes obtidos na regressão múltipla entre os escores do domínio AI e o processo DS5 está apresentado na Tabela 4.

Processos de Aquisição e Implementação	B ajustado	P
AI1 - Identifica soluções de automação.	-0,063	0,507
AI2 - Adquirir e mantém <i>software</i> aplicativo.	0,051	0,565
AI3 - Adquire e mantém a arquitetura tecnológica.	0,194	0,038
AI4 - Desenvolve e mantém procedimentos de TI.	0,026	0,791
AI5 - Obtém recursos de TI.	0,357	<0,001
AI6 - Gerenciar mudanças	0,083	0,338
AI7 - Instala e certifica soluções e mudanças.	0,129	0,131

Tabela 4 – Regressão múltipla de DS5 em relação aos processos do domínio Análise e Implementação (AI): coeficientes de regressão ajustados e valores-P

Na análise de correlação simples, todos os sete processos estavam correlacionados com os valores do processo DS5. As correlações internas entre os processos do domínio AI variaram entre 0,495 e 0,649. Assim, embora nas análises individuais todos os processos estivessem associados ao DS5, quando avaliados em conjunto se vê que AI5 - Obtém recursos de TI é o processo que está mais associado estatisticamente aos escore de DS5 ($P < 0,001$).

O processo AI3 - Adquire e mantém a arquitetura tecnológica, também foi estatisticamente significativo ajustando pelos escores dos demais processos. AI3 tem relação com DS5 em

menor grau (o aumento esperado em DS5 é de 0,19 para cada escore a mais em AI3; $p=0,038$) do que AI5 ($b=0,36$).

Para o domínio Monitoramento (MO) de processos, os resultados da regressão múltipla podem ser encontrados na Tabela 5.

Processos de Monitoramento	B ajustado	P
MO1 - Monitora e avalia a desempenho de TI.	0,146	0,111
MO2 - Monitora e avalia o controle interno.	0,196	0,056
MO3 - Assegura a conformidade aos requisitos externos.	0,199	0,016
MO4 - Fornecer governança de TI.	0,139	0,129

Tabela 5 – Regressão múltipla de DS5 em relação aos processos do domínio Monitoramento (MO): coeficientes de regressão ajustados e valores-P

Os processos do domínio Monitoramento apresentaram coeficientes de correlação intradomínio que variaram entre 0,482 e 0,659. Quando analisados em conjunto, o processo MO3 - Assegura a conformidade aos requisitos externos foi único que, quando ajustado pelos demais processos do domínio, apresentou associação estatisticamente significativa com DS5. A associação foi fraca, representando um aumento de 0,20 no escore de DS5 para cada aumento de uma unidade em MO3. Resultado semelhante, mas não significativo estatisticamente, foi observado para MO2.

A partir dos resultados obtidos para os três domínios, surgiu a seguinte pergunta: se considerarmos, como representante de cada domínio, a variável que teve maior efeito sobre DS5, e analisarmos as três em conjunto, qual domínio teria maior associação com DS5? O resultado da análise de regressão múltipla com os preditores PO5, AI5 e MO# estão apresentados na Tabela 6.

Processos	B ajustado	P
PO5 - Gerencia o investimento de TI.	0,246	0,002
AI5 - Obtém recursos de TI	0,393	<0,001
MO3 - Assegura a conformidade aos requisitos externos.	0,195	0,003

Tabela 6 – Regressão múltipla dos escores de DS5 sobre os processos que mais impactaram seu valor nos três domínios

Quando se ajusta pelos demais processos presentes no modelo, AI5 – Obtém recursos de TI é o processo que mais afeta DS5 (b ajustado = 0,39), enquanto os coeficientes b dos outros processos ficaram abaixo de 0,25. Este resultado foi conferido por uma análise de componentes principais que mostrou que o domínio AI é o que está mais associado aos valores de DS5.

5. Conclusões

Este trabalho objetivou analisar processos tecnológicos para aumento das garantias de segurança de sistemas, representada pelo processo DS5 (Garantir segurança dos

sistemas) usando análise de correlação e regressão linear simples e múltipla. Com isso pôde-se compreender com a contribuição empírica desde estudo que no grupo das micro, pequenas e médias empresas industriais do sul do Brasil os processos PO5 (Gerenciar o investimento de TI), do domínio de Planejamento e Organização (PO), AI5 (Obtém recursos de TI) do domínio de Aquisição e Implementação, e MO3 (Assegura a conformidade aos requisitos externos), do domínio de Monitoramento (MO) são os que têm mais impacto sobre DS5 quando confrontados com os demais processos do seu respectivo domínio. Quando se analisa estes três processos juntos, se nota que o domínio AI (Obtém recursos de TI) é o que se sobressai em termos de influência sobre DS5.

As contribuições teóricas estão diretamente relacionadas a uma abordagem estratégica na qual são estabelecidas questões prioritárias para o planejamento empresarial, interconectadas com o ambiente operacional e com impacto no retorno sobre o investimento. Este estudo contribui para a gestão do investimento em recursos tecnológicos, gestão do comportamento dos funcionários, cultura organizacional e questões relacionadas com a consciência estratégica dos recursos humanos para desenvolver abordagens e práticas alinhadas com os objetivos organizacionais.

Para estudos futuros, se propõem aqui ampliar as análises para integrar as técnicas de estatística com as de mineração de dados e inteligência artificial. Assim cada vez que a empresa audita seus processos, sejam eles corporativos ou tecnológicos, essas técnicas podem automaticamente corrigir eventuais distorções. Também é sugerido desenvolver projetos entre países para analisar esses mesmos impactos de processos tecnológicos na segurança de sistemas e na estratégia de negócios e de TI, bem como aprimorar ainda mais os níveis de maturidades empresarial.

Agradecimentos

Queremos agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação do Brasil pelo apoio recebido através do Projeto CNPq/Universal 7764933922392857.

Referencias

- Aguiar, J., Pereira, R., Vasconcelos, J., & Bianchi, I. (2018). Na overlapless incident management maturity model for multi-framework assessment (ITIL, COBIT, CMMI-SVC). *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 13, 137-163. <https://doi.org/10.28945/4083>
- Alkhalidi, F., Hammami, S., & Uddin, M. A. (2017). Understating value characteristics toward a robust IT governance application in private organizations using COBIT framework. *International Journal of Engineering Business Management*, 9(1), 1-8. <https://doi.org/10.1177/1847979017703779>
- Argyris, C. (1996). Toward a comprehensive theory of management. In: Edmondson, A.; Moingeon, B. (Eds.), *Organizational learning and competitive advantage*. London: Sage.

- Bernard, P. (2012). *COBIT® 5 – A Management Guide*. Amersfoort, NL: Van Haren Publishing.
- Beyer, J., & Trice, H. (1987) How an organization's rites reveal its culture. *Organizational Dynamics*, 15(4), 5-24. [https://doi.org/10.1016/0090-2616\(87\)90041-6](https://doi.org/10.1016/0090-2616(87)90041-6)
- Bonabeau, E. (2002). Predicting the unpredictable. *Harvard Business Review*, 80(3), 109-116.
- Buccafurri, F., Fotia, L., Furfaro, A., Garro, A., Giacalone, M., & Tundis, A. (2015). An analytical processing approach to supporting cyber security compliance assessment. *Proceedings of the 8th International Conference on Security of Information and Networks*, 46-53.
- Bulgurcu, B., Cavusoglu, H., & Benbasat, I. (2010). Information security policy compliance: An empirical study of rationality-based beliefs and information security awareness. *MIS Quarterly*, 34(3), 523-548.
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Boston: Harvard Business School Press.
- Debreceeny, R., & Gray, G. (2013). IT governance and process maturity: a multinational field study. *Journal of Information Systems*, 27(1), 157-188. <https://doi.org/10.2308/isys-50418>.
- Dhillon, G., & Backhouse, J. (2000). Technical opinion: information system security management in the new millennium. *Communications of the ACM*, 43(7), 125-128.
- Europol (2020). How COVID-19-related crime infected Europe during 2020. <https://www.europol.europa.eu/publications-documents/how-covid-19-related-crime-infected-europe-during-2020>. Acesso em 12 janeiro 2021.
- Farazzmanesh, F., & Hosseini, M. (2017). Analysis of business customers' value network using data mining techniques. *Journal of Information Systems and Telecommunication*, 5(3), 162-171.
- Gao, F., Rau, P. L. P., & Zhang, Y. (2018). Perceived mobile information security and adoption of mobile payment services in China. In *Mobile commerce: Concepts, methodologies, tools, and applications*. USA: IGI Global.
- Gerl, A., von der Heyde, M., Groß, R., Seck, R., & Watkowski, L. (2021). Applying COBIT 2019 to IT Governance in Higher Education. In: Reussner, R. H., Koziolk, A. & Heinrich, R. (Hrsg.), *INFORMATIK 2020. Gesellschaft für Informatik, Bonn*. (S. 517-530). https://doi.org/10.18420/inf2020_47
- Gleiser, I. (2002). *Caos e Complexidade: a evolução do pensamento econômico*. RJ: Campus.
- Grassegger, T., & Nedbal, D. (2021). The role of employees' information security awareness on the intention to resist social engineering. *Procedia Computer Science*, 181, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.103>

- Hadlington, L., Binder, J., & Stanulewicz, N. (2021). Exploring role of moral disengagement and counterproductive work behaviours in information security awareness. *Computers in Human Behavior*, 114, 106557. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106557>
- Hofstede, G. (1984). *Culture's consequences: international differences in work-related values*. London: Sage Publications.
- Information Technology Governance Institute - ITGI (2003). *Board briefing on IT governance*. 2nd ed. IL: IT Governance Institute.
- Information Technology Governance Institute - ITGI (2007). *CobiT 4.1: Framework, control objectives, management guidelines, maturity models*. IL, USA: IT Governance Institute.
- Instituto Brasileiro de Governança Corporativa - IBGC (2015). *Código das melhores práticas de governança corporativa*. 5^a. ed. São Paulo: IBGC.
- Instituto Brasileiro de Governança Corporativa - IBGC (2020). *O que é governança corporativa*. São Paulo: IBGC.
- ISACA (2012). *COBIT 5 – Modelo corporativo para governança e gestão de TI da organização*. Rolling Meadows, IL: ISACA.
- ISACA (2018). *What is COBIT 5?* Rolling Meadows, IL: ISACA.
- ISACA (2021). *Design guide and toolkit. Designing an information & technology governance solution*. Rolling Meadows, IL: ISACA
- ISO/IEC 27002: 2007. Tecnologia da Informação – Código de prática para a gestão da segurança da informação. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ISO/IEC 27032: 2012. Information technology: Security techniques: Guidelines for cybersecurity. Geneva: International Organization for Standardization.
- Justitiaa, A., Zaman, B., & Putra, D. (2021). Evaluating the quality of a help-desk complaint management service using six-sigma and COBIT 5 framework. *AIP Conference Proceedings*. 2329, 050009. <https://doi.org/10.1063/5.0042166>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2004). *Strategy maps: Converting intangible assets into tangible outcomes*. USA: Harvard Business School Press.
- Klir, G. J., Clair, U. H. S., & Yuan, B. (1997). *Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications*. London: Prentice-Hall.
- Malatji, M., Marnewick, A. L., & Von Solms, S. (2021). Cybersecurity capabilities for critical infrastructure resilience. *Information and Computer Security*, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/ICS-06-2021-0091>
- Mintzberg, H. (1994). *The rise and fall of strategic planning*. New York: Free Press.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (1998). *Strategy safari: A guided tour through the wilds of strategic management*. New York: Prentice-Hall.
- Morgan, G. (1986). *Images of Organization*. London: Sage.

- Morin, E. (2003). *Introdução ao pensamento complexo*. 4 ed. Lisboa: Instituto Piaget.
- OECD (2018). *G20/OECD principles of corporate governance*. Paris, France: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264236882-en>
- Peters, T., & Waterman, R. (1982): *In Search of Excellence: Lessons from America's best-run companies*. USA: Haper Business.
- Porter, M. (1990). *Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro: Campus.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 79-91.
- Raisinghani, M. S. (2000). Knowledge management: A cognitive perspective on business na deducation. *American Business Review*, 18(2), 105-112.
- Rohn, E., Sabari, G., & Leshem, G. (2016). Explaining small business InfoSec posture using social theories. *Information and Computer Security*, 24(5), 534-556. <https://doi.org/10.1108/ICS-09-2015-0041>
- Safa, N. S., Von Solms, R., & Furnell, S. (2016). Information security policy compliance model in organizations. *Computers & Security*, 56, 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2015.10.006>
- Schein, E. (1992). *Organizational Culture and Leadership*. San Francisco: Josey-Bass.
- Shamala, P., Ahmad, R., Zolait, A. H., & bin Sahib, S. (2015). Collective information structure model for Information Security Risk Assessment (ISRA). *Journal of Systems and Information Technology*, 17(2), 193-219. <https://doi.org/10.1108/JSIT-02-2015-0013>
- Simon, H. A. (1961). *Administrative behavior*. 2nd ed. New York: Macmillan.
- Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. 3rd ed. Cambridge: MIT Press.
- Slayton, R. (2021). Governing uncertainty or uncertain governance? Information security and the challenge of cutting ties. *Science, Technology, & Human Values*. 46(1), 81-111. <https://doi.org/10.1177/0162243919901159>
- Spears, J. L., & Barki, H. (2010) User participation in information systems security risk management. *MIS Quarterly*, 34(3), 503-522. doi: 10.2307/25750689
- Trice, H., & Beyer, J. (1984). Studing organizational cultures through rites and ceremonials. *The Academy of Management Review*, 9(4), 653-669. <https://doi.org/10.2307/258488>
- Weill, P., & Ross, J. W. (2005). *IT governance: How top performers manage IT decision rights*. USA: Harvard Business Review Press.
- Wilkin, C., & Chenhall, T. (2010). A review of IT governance: A taxonomy to inform accounting information systems. *Journal of Information Systems*, 24(2), 107-146. <https://doi.org/10.2308/isis-50922>

- Wright, P., Kroll, M. J., & Parnell, J. A. (1998). *Strategic management: concepts and cases*. New Jersey: Prentice Hall.
- Young, R. F., & Windsor J. (2010) Empirical evaluation of information security planning and integration. *Communications of the Association for Information Systems*, 26(13), 245-266. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02613>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Análisis bibliométrico sobre Ciberseguridad: técnica de ataque de suplantación de identidad y evolución

Yair Rivera¹, Angel Dario Pinto Mangone², Samir Castaño³,
Juan Manuel Torres Tovio⁴, Frank Ibarra Hernández⁵, Pedro Guevara⁶

¹yrivera@coruniamericana.edu.co; ²angelpinto@unisinu.edu.co;

³sacastano@correo.unicordoba.edu.co; ⁴jtorrestovio@yahoo.com

⁵frankibarra@unisinu.edu.co; ⁶pguevara@correo.unicordoba.edu.co

¹ Corporación Universitaria Americana, Barranquilla-Colombia.

^{3,6} Universidad de Córdoba, Montería-Colombia.

^{2,4,5} Universidad del Sinú, Montería-Colombia.

Pages: 21-35

Resumen: Se presentará un análisis Bibliométrico y una tabla taxonómica de como la técnica de ataque contra la confidencialidad en redes de datos Spoofing ha evolucionado acorde a otras instancias tecnológicas de la seguridad informática. El objetivo es proporcionar un conocimiento sobre la selección del tipo de Spoofing y su desarrollo a través de una herramienta específica tecnológica. Se definirán diferentes tipos de Spoofing y su influencia en otras áreas del conocimiento. Se establecerá un esquema serial de cómo se compone un ataque de Spoofing, y que pasos incluyen, igualmente se mostrará a través de pequeñas capturas un ejemplo de un ataque de tipo ARP Spoofing a través de Kali Linux para dar a conocer cómo sería este tipo de ataque hacia un cliente determinado y cual sería su arquitectura en una red de datos. Se utilizará la herramienta Ettercap de Kali Linux para realizar un ataque.

Palabras-clave: ARP, bibliométrico, taxonómica, Ettercap, Spoofing, herramienta tecnológica.

Bibliometric Analysis on Cybersecurity: Spoofing attack techniques and evolution

Abstract: Bibliometric analysis and a taxonomic table of how the spoofing attack technique against confidentiality in data networks has evolved according to other technological instances of computer security will be presented. The objective is to provide knowledge on the selection of the type of spoofing and its development through a specific technical tool. Different types of spoofing and their influence on other areas of expertise will be defined. A series of how a spoofing attack is composed will be established and which steps are included. An example of an ARP spoofing attack through Kali Linux will be shown through small screenshots to show how this type of attack would be towards a specific client and what would be its architecture in a data network. The Kali Linux Ettercap tool will be used to perform an attack.

Keywords: ARP, bibliometric, taxonomic, Ettercap, spoofing, technological tool.

1. Introducción

Existe una relevancia en la actualidad cerca de la seguridad de los datos que suministras en la web, en donde es posible en una víctima más de los crímenes que en este entorno. En este artículo se presenta una arquitectura de una de las técnicas más usadas en la internet por los “HACKERS” para conseguir cualquier beneficio mediante el engaño o suplantación de identidad. Esta técnica más conocida en el mundo del hacking como Spoofing, consiste en una suplantación para el reenvío de datos con intenciones maliciosas, creadas para tener accesos no autorizado en una transmisión punto a punto. Esto con el objetivo de obtener información privada o para conseguir acceder a páginas con una credencial falsa(Songala et al., 2020).

La suplantación de identidad no es algo nuevo; el intento de hacerse pasar por otra persona para sacar provecho de alguna manera es algo que siempre ha estado presente. En la era de la comunicación, como no podía ser de otra manera, también existe y se conoce con el nombre de Spoofing, un anglicismo que podríamos traducir como burla o pantomima. Spoofing es tipificado como un delito punible el cual se paga con una pena condenatoria de hasta 8 años de cárcel con prisión intramural, este se presenta en diferentes modalidades, todas llevan consigo una clonación o suplantaciones de identidad para lograr algún fin en específico(Feng et al., 2018; Tao et al., 2019).

2. Estado del arte

En esta parte, se muestran investigaciones relevantes y relacionadas con este trabajo con el fin de trazar una idea conocimiento actual con el cual se pueda generar un punto de partida definido y allí se pueda generar un conocimiento más sólido acerca de esta investigación. Debido a la práctica de este concepto en el día a día han surgido estudios que han permitido alertar y crear medidas de protección toda vez que nos encontremos con un caso de Spoofing(Li et al., 2020).

Flabio Rodríguez Correa, coordinador de Riesgos y Arquitectura de Claro, y quién participó en el estudio, “en el CSOC -Centro de Operaciones de Ciberseguridad de Claro, por sus siglas en español- ubicado en el Data Center Triara de Claro, define que se han gestionado en lo que va del año 2020 en promedio más de cuatro millones de eventos de seguridad al mes, protegiendo servicios propios y de otras compañías, ataques en contra de la confidencialidad de la información y datos personales de todos los clientes usuarios. El estudio presenta las cifras de denuncias por ciberataques durante la pandemia, (marzo- noviembre) donde se registró un incremento superior al 98%, con más de 32 mil reportes de noticias criminales presentadas ante la Fiscalía General de la Nación. El delito que mayores denuncias presentó fue la suplantación de sitios web para capturar datos personales con un crecimiento del 372% comparado con el 2019. Este delito tiene una relación directa con modalidades conocidas, tales como el Phishing, Spoofing y Pharming que sufrieron las empresas. Adicionalmente, hubo 3.800 casos denunciados donde este tipo de ataques fueron utilizados por los cibercriminales para capturar datos personales o dispersar malware en las redes corporativas. El segundo delito con mayor número de denuncias, con más de 6.159 casos registrados fue la violación de datos

personales. Este presentó un crecimiento del 190% como consecuencia de la filtración y robo de datos, lo que generó un doble impacto que compromete aspectos operativos, así como legales y de cumplimiento por la pérdida de información sensible (Claro, n.d.).

Seguido, se encuentra el hurto por medios informáticos con un 39% de crecimiento, registró más de 12 mil casos denunciados. Pese a tener la mayor frecuencia estadística, la modalidad más común sigue siendo el apoderamiento de credenciales para el acceso a servicios de banca online, con los cuales los cibercriminales, consiguen suplantar al titular del producto bancario y apoderarse del dinero generalmente dispuesto en cuentas bancarias. Estos ciberataques afectaron por igual a diferentes sectores productivos del país, los métodos de propagación continúan siendo las campañas de phishing que contienen archivos adjuntos maliciosos. Las entidades de gobierno con mayor presencia de trámites en línea también se vieron afectadas, entre ellos, la Administración de Impuestos y Aduanas, la registraduría Nacional del Estado Civil, la Fiscalía General de la Nación y las autoridades de tránsito que en su orden han sido las instituciones mayormente suplantadas.

Evitar el cibercriminal es un trabajo que implica esfuerzos desde la empresa, las entidades de control, y por supuesto la Policía Nacional, que cuenta con el Centro de Capacidades para la Ciberseguridad de Colombia “C4”.

Medidas contra la suplantación de identidad, existen varios tipos de técnicas contra la suplantación de identidad que podrían usarse para dificultar la suplantación de un sistema. Usar contraseñas o tarjetas inteligentes, registrar varias muestras y supervisar el proceso de verificación se explica por sí mismo. Otro método de lucha contra la suplantación de identidad es el uso de sistemas biométricos multimodales. La biometría multimodal es la combinación de varios tipos de técnicas biométricas, por ejemplo, combinando el reconocimiento de huellas dactilares con el reconocimiento facial. Se están realizando muchas investigaciones en esta área para determinar la mejor manera de combinar información de varios sistemas biométricos, ya sea en el nivel de extracción de características o en el nivel de decisión (Anthony et al., 2021; Bhirud & Katkar, 2011a).

Otro sistema no vulnerable a este tipo de ataques es el sistema de posicionamiento global (GPS), el cual es ampliamente utilizado tanto por el gobierno como por la industria privada para muchas aplicaciones importantes. Algunas de estas aplicaciones incluyen servicios de seguridad pública como policía, bomberos, rescate y ambulancia. La industria de carga, autobuses, taxis, vagones, vehículos de reparto, cosechadoras agrícolas, automóviles privados, naves espaciales, tráfico marítimo y aéreo también utilizan sistemas GPS para la navegación. De hecho, la Administración Federal de Aviación (FAA) está en proceso de redactar una instrucción que requiere que todos los sistemas de navegación por radio a bordo de las aeronaves utilicen GPS. Los usos adicionales incluyen caminatas y topografía, además de ser utilizado en robótica, teléfonos celulares, rastreo de animales e incluso relojes de pulsera con GPS. Las empresas de servicios públicos y las empresas de telecomunicaciones utilizan señales de temporización GPS para regular la frecuencia base de sus redes de distribución (Das et al., 2016; Zhu et al., 2021). Las señales de temporización GPS también son utilizadas por la industria financiera, la industria de la radiodifusión, los proveedores de telecomunicaciones móviles, la industria financiera internacional, la banca (para transferencias de dinero y cierres de tiempo) y otras aplicaciones de redes informáticas distribuidas. En resumen, cualquier persona que

quiera saber su ubicación exacta, velocidad o tiempo puede encontrar útil el GPS(Bethi et al., 2020; Schmidt et al., 2020).

Desafortunadamente, las señales de GPS civiles no son seguras. Solo las señales de GPS militares están encriptadas (autenticadas), pero generalmente no están disponibles para civiles, gobiernos extranjeros y la mayor parte del gobierno de EE. UU., incluida la mayor parte del Departamento de Defensa (DoD). Se están llevando a cabo planes para actualizar el sistema GPS existente, pero aparentemente no incluyen la adición de cifrado o autenticación a la señal GPS(Kavisankar et al., 2017)(Chua et al., 2020; Schmidt et al., 2020).

3. Arquitectura de la Red Spoofing

La suplantación de identidad es el acto de disfrazar una comunicación de una fuente desconocida como si fuera de una fuente conocida y confiable. La suplantación de identidad puede aplicarse a correos electrónicos, llamadas telefónicas y sitios web, o puede ser más técnica, como una computadora que llega a falsificar una dirección IP, Protocolo de resolución de direcciones (ARP) o servidor del Sistema de nombres de dominio (DNS)(Bhirud & Katkar, 2011b)(Bhirud & Katkar, 2011b).

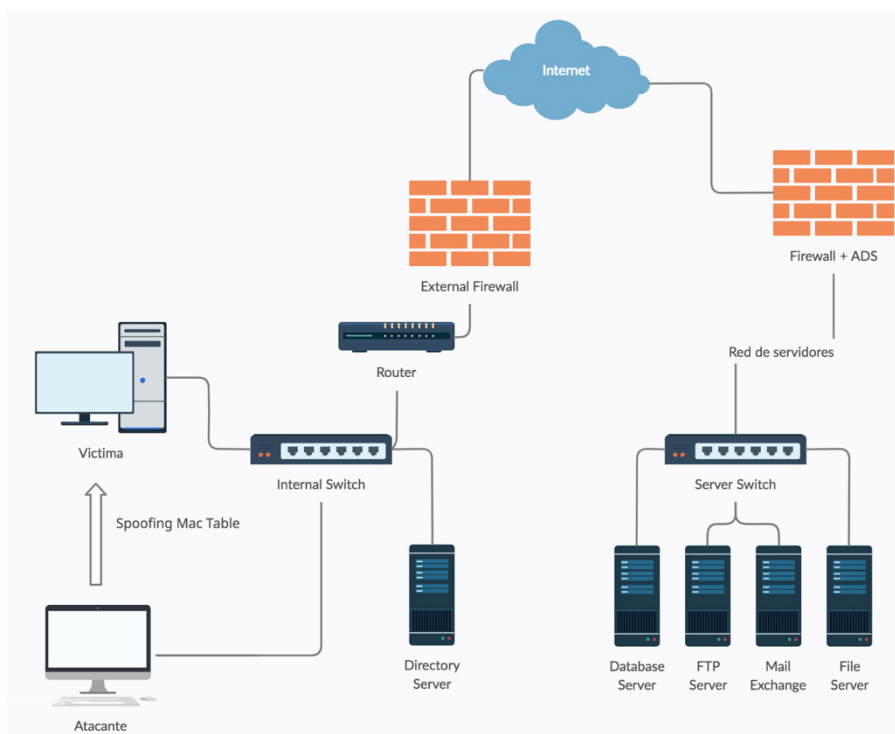


Figura 1 – Arquitectura Esquema Ip-Spoofing.

La suplantación de identidad se puede utilizar para obtener acceso a la información personal de un objetivo, difundir cualquier tipo de malware a través de enlaces o archivos adjuntos infectados, eludir los controles de acceso a la red o redistribuir el tráfico para realizar un ataque de denegación de servicio. La suplantación de identidad es a menudo la forma en que un mal actor obtiene acceso para ejecutar un ciberataque más grande, como una amenaza persistente avanzada o un ataque de intermediario(Raguvaran, 2014).

Los ataques exitosos a las organizaciones pueden conducir a sistemas y redes informáticos infectados, filtraciones de datos y/o pérdida de ingresos, por lo cual puede afectar la reputación pública de la organización. Además, la suplantación de identidad que conduce a la redirección del tráfico de Internet puede abrumar las redes o llevar a los clientes a sitios maliciosos destinados a robar información o distribuir cualquier malware(Zeng, 2013b), la Figura 1 ilustra una arquitectura de como se establece la conexión tipo Spoofing para un atacante que afecta la confidencialidad de la información.

3.1. Spoofing y variante

La suplantación de identidad se puede aplicar a varios métodos de comunicación y emplear varios niveles de conocimientos técnicos. La suplantación de identidad se puede utilizar para realizar ataques de Phishing, que son estafas para obtener información confidencial de personas u organizaciones y que pueden ser utilizadas para emplear Spoofing(Chen et al., 2019; Choi et al., 2021). La Tabla 1 Representa algunas variantes de estas técnicas a través del tiempo.

NOMBRE	AÑO	HERRAMIENTA	RESUMEN DEL ATAQUE
Ataques de suplantación de identidad (IP spoofing)	1980	Script Linux	Falsificar la dirección IP pertenecientes a un dominio, así el dispositivo establece la conexión con la dirección IP falsa.
ARP Spoofing	1984	En la actualidad existen diferentes herramientas que se utilizan para la práctica de esta técnica de Spoofing. Donde originalmente sus usuarios la usaban para monitoreo y detección de errores leves en su entorno laboral.	Asocia la dirección MAC del atacante con la dirección IP del nodo que se pretende atacar, enviando información falsa para poder modificar los datos ARP .
Ataques contra los sistemas criptográficos	1989	Ransomware, kerckhoffs, PBKDF2	Búsqueda de vulnerabilidades del sistema para ejercer exploit y envenenamiento de la tabla de enrutamiento
DNS Spoofing	1990	Servidor DNS de su proveedor de internet que suele estar preinstalado en el router local.	Manipulación de nombres de los dominios de algunos sitios en la web, falsifica la dirección IP perteneciente a un dominio.
SMTP	1990	Los correos electrónicos de spam y phishing suelen utilizar este engaño para inducir a error al destinatario sobre el origen del mensaje.	Phishing que busca es hacer creer al receptor, que un correo electrónico es enviado por alguna entidad, persona u organización de manera "legítima"

NOMBRE	AÑO	HERRAMIENTA	RESUMEN DEL ATAQUE
GPS	1993	<i>Creación de la señal “fraudulenta/suplantada” que se va aumentando lentamente la potencia de la señal suplantada, hasta llegar a solapar la señal real</i>	<i>Busca distraer la atención de un receptor GPS para así poder suplantar la señal original con la señal fraudulenta de un tercero</i>
IP Spoofing	1995	<i>Suplantación ip a través de Ettercap</i>	<i>Suplantada direcciones IP con el objetivo de engañar al sistema haciéndole creer que el paquete que se está enviando lo hace desde una determinada IP.</i>
Sniffer	2000	<i>Utiliza el Mac Flooding para generar 8000 frames</i>	<i>Coloca la tarjeta de red en un estado conocido como “modo promiscuo”, para emitir MAC falsas</i>
Email Spoofing	2006	<i>Correo electrónico como complemento perfecto para la suplantación de identidad y para el envío masivo de spam.</i>	<i>Spoofing de la dirección de correo electrónico de otras personas o entidades, este ataque se centra en servidores SMTP</i>
DNS Spoofing	2006	<i>arpspoof</i>	<i>Es un método para alterar las direcciones de los servidores DNS que utiliza la potencial víctima y de esta forma poder tener control sobre las consultas que se realizan.</i>
Web spoofing	2007	<i>Enlaces falsos en la web, cuentas de correo, Código JavaScript o la instalación de plug-ins</i>	<i>Este ataque consiste en mandar al usuario por medio de una página falsa a otras, para realizar algún tipo de fraude asociada con el phishing.</i>
Exploits	2009	<i>Exploits</i>	<i>Este tipo de ataques tratan de detectar y documentación las posibles vulnerabilidades de un sistema informático, para ejercer “exploits”</i>
IP Spoofing	2011	<i>Enviar y recibir paquetes IP es el código de comunicación a través de Internet y sigue un procedimiento simple</i>	<i>El atacante trataría de seleccionar una dirección IP correspondiente a la de un equipo legítimamente autorizado para acceder al sistema que pretende ser engañado.</i>
Denegación del Servicio (Ataques DoS – Denial of Service)	2013	<i>Low orbit ion cannon (loic), high orbit ion cannon (hoic),slowloris,r-u-d-y-dead-yet</i>	<i>Es un ataque a un sistema de computadora o red que causa que un servicio o recurso sea inaccesible a los usuarios legítimos.</i>
Spoofing DNS	2015	<i>Nueva página de inicio falsa que mostraba un avión y un texto: “404-Avión No Encontrado”</i>	<i>Bloqueo de acceso a la página web y el estado de los vuelos durante varias horas.</i>

NOMBRE	AÑO	HERRAMIENTA	RESUMEN DEL ATAQUE
Spoofing GPS	2017	Jamming el cual crea una interferencia en la señal confundiendo al receptor y bloqueándolo.	El capitán de un buque de la marina de USA ubicado en el puerto ruso de Novorossiysk reportó que su GPS los situaba en un lugar equivocado, concretamente a más de 32 km tierra adentro, en el aeropuerto de Gelendjik.
Phishing	2017	Comenzó con un correo electrónico proveniente de la cuenta informacion@bancolombia.com.co con un link hacia una pagina fraudulenta que captaba datos, contraseñas	Fraude a usuarios de Bancolombia donde obtenían sus datos bancarios
Spoofing DDoS	2018	Nueva página de inicio falsa que mostraba un avión y un texto: “404-Avión No Encontrado”	Ataque de la disponibilidad de la pagina web a través de denegaciones de servicios de forma masiva
Spoofing web	2019	Kali linux, Suplantación de la Web de la compañía	Spoofing web a través de servicios SMS de Amazon

Tabla 1 – Definición de algunos estilos de Spoofing

Ahora bien, la figura 2 representa un análisis bibliométrico de cómo la técnica spoofing está correlacionado con otras áreas de la seguridad y cómo se ha definido esta relación en los últimos tiempos, este análisis bibliométrico se realizo con la herramienta VOSviewer - Visualizing scientific, en donde fue alimentado con 1200 artículos de las bases de datos de la IEEE, con un criterio de búsqueda basado en documentos actualizados en

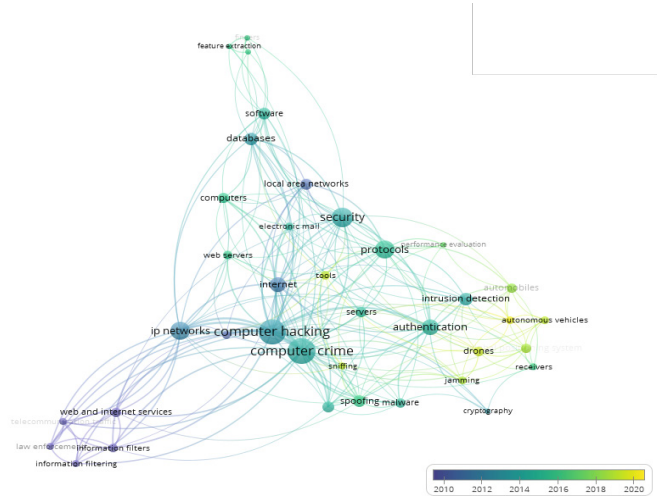


Figura 2 – Análisis bibliométrico Artículos IEEE.explorer con 1200 artículos

donde la temática central estaba definida por esta técnica. Este recurso fundamental nos permite conocer el factor de impacto de la temática en otras áreas de la tecnología, revistas académicas y científicas y su influencia en la investigación global. Proporciona datos estadísticos, basados en citas de artículos, que permiten evaluar la importancia del tema.

Acorde al análisis bibliométrico se aprecia una correlación mayor que existe sobre el ataque a la confidencialidad de la técnica Spoofing y otras áreas de la ciberseguridad, entre estas tenemos: Computer crimen, malware, sniffing, authenticatio, Jamming y Cryptography.Existes otras correlaciones menores relacionada a las áreas: feature extraction, Information filtering, receivers y autónomos vehicles. De igual manera se realizará este mismo análisis bibliométrico por autor, y como se han citado entre sí los diferentes autores, ver figura 3.

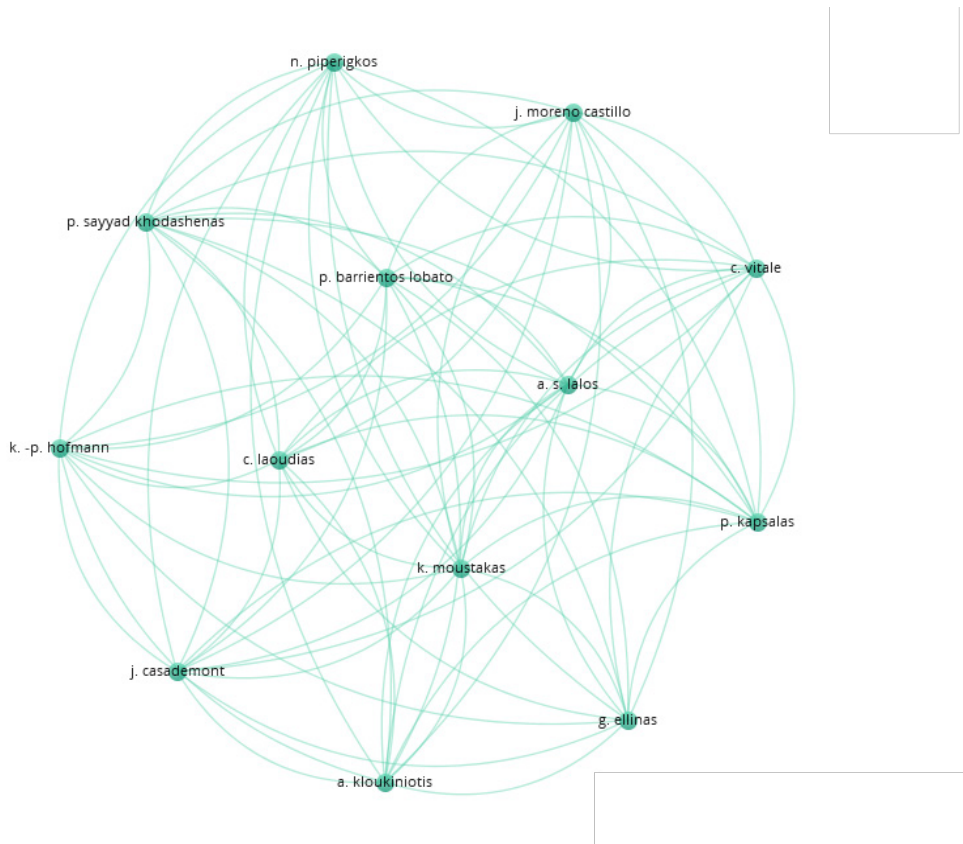


Figura 3 – Autores principales, Artículos IEEE 1200 artículos

Este análisis bibliométrico se realizo basado en un índice de correlación con respecto al numero de citas o fuentes citadas de otros autores, concretamente la correlación es

una medida de la relación (variación) lineal entre dos variables cuantitativas continuas (x , y). Una manera de saber si dos variables están correlacionadas es determinar si co-varían (varían conjuntamente al mismo instante con los mismos efectos). El índice de correlación puede variar entre -1 y $+1$, ambos extremos indicando correlaciones perfectas, negativa y positiva respectivamente. Por consiguiente, un valor de 0 indica que no existe relación lineal entre las dos variables. Una correlación positiva indica que ambas variables varían en el mismo sentido, por el contrario, una correlación negativa significa indica que hay una variación en sentido opuesto. Un índice de correlación se podría interpretar a través de la siguiente Ecuación.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})}{N - 1}$$

En donde se ve claramente la caracterización de la varianza de una muestra con respecto a la media, ahora bien, se define la covarianza entre dos variables como una medida de la relación entre éstas. Es la desviación promedio del producto cruzado entre ellas:

$$cov(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N - 1}$$

Un valor de covarianza positivo indica que ambas variables se proyectan en media sobre la misma dirección, por otro lado, un valor negativo indica indican lo contrario.

4. Arquitectura del Spoofing

El Spoofing es una especie de ataque en el que un atacante envía mensajes falsificados ARP, ya que como resultado el atacante vincula una dirección MAC con la dirección IP de un equipo o un servidor de la red, si vemos que el atacante logró vincular la dirección MAC a una dirección IP auténtica va a empezar a recibir cualquier dato que se pueda acceder mediante la dirección IP, como sabemos el ARP Spoofing actúa y les permite a los atacantes interceptar y modificar datos (Bhirud & Katkar, 2011b).

Cada dispositivo conectado a internet tiene su propia dirección de control de acceso a soportes (MAC) que está ligada a la dirección IP única del dispositivo a través de la ARP los cibercriminales pueden entrar en la red local de su objetivo y enviar datos falsos de ARP (Xu et al., 2017).

También sabemos que los ataques ARP Spoofing son llamados envenenamiento ARP, estos se encargan de introducir informaciones faltas en las tablas de ARP de uno o ambos con el fin de que este utilice al atacante como intermediario a la hora de transmitir y recibir información (Liu et al., 2018; Zeng, 2013a).

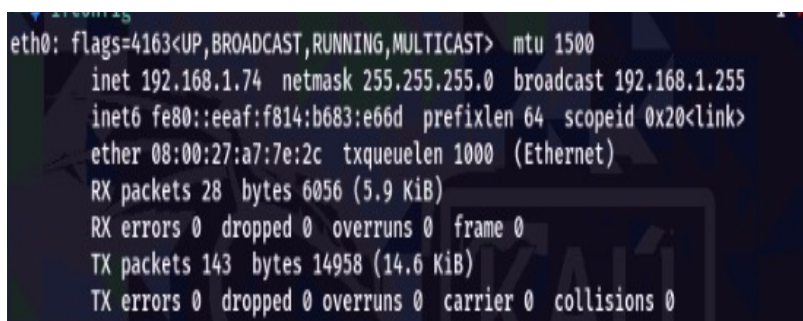
Un ejemplo claro de Spoofing es el siguiente: En 2006, hackers desconocidos realizaron un gran ataque de Spoofing de DNS, fue el primero de este tipo, contra tres bancos locales en Florida. Los atacantes hackearon los servidores del proveedor del internet que alojaba las tres páginas web y redirigieron el tráfico hacia páginas de registros falsos diseñadas para recoger datos personales de víctimas inocentes con el fin de acumular

un número no revelado de números de tarjetas de créditos y pines, junto contra a otra información personal de los clientes.

Ahora bien, desde el punto de vista técnico los protocolos TCP y UDP son fundamentales para las comunicaciones a través de Internet, ya que estos dos protocolos se sitúan en la capa de transporte, y es la primera capa donde el origen y destino se comunican directamente, ya que las capas inferiores (capa de red y capa de acceso al medio) no realizan esta función (Kavisankar et al., 2017). A nivel de capas inferiores existe una falsificación de direcciones MAC, la cual puede suplantarse para probar la redirección del tráfico de red y puntos de acceso, la suplantación de MAC proporciona la facilidad para las pruebas de penetración para probar cortafuegos, y para adquirir información de un host remoto. La suplantación de MAC se refiere a la alteración de la dirección MAC en una tarjeta NIC (controlador de interfaz de red). La dirección MAC se “graba” en la fábrica. Por tanto, cada tarjeta de red sale de fábrica con una dirección MAC única. Cada ordenador conectado a una red utiliza una NIC. Los ordenadores de la LAN (Red de Área Local) se envían paquetes ARP (Protocolo de Resolución de Direcciones) entre sí antes de que se establezca la conexión IP. Los paquetes ARP identifican al remitente llevando sus direcciones MAC e IP. Al igual que el IP spoofing, algunos hackers utilizan el MAC spoofing como un ataque de capa 2 para intentar secuestrar una sesión de comunicación entre dos ordenadores con el propósito de hackear una de las máquinas. Un atacante de MAC-spoofing intenta entrar en una LAN asumiendo que la identidad MAC de una estación esta autorizada en la LAN.

5. Pruebas simulación de un ataque arp spoofing

Para la siguiente simulación se utilizaron dos máquinas virtuales para hacer representación de un ataque real, una máquina serviría como “atacante” (Kali Linux) y la otra como “víctima” (Windows 7). Las dos máquinas virtuales están conectadas bajo la misma red de Internet. Con esto se quiere poner al descubierto los datos que un usuario “X” llena en una página de internet, en este caso, su contraseña de ingreso a la cuenta con la cual quiere acceder. Lo primero que debemos cerciorarnos es, que IP manejan por defecto nuestras máquinas virtuales. Utilizamos el comando `ifconfig` (Kali) y `ipconfig` (Windows), Ver figura 4 y 5.



```
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.1.74 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.1.255
    inet6 fe80::eeaf:f814:b683:e66d prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 08:00:27:a7:7e:2c txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 28 bytes 6056 (5.9 KiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 143 bytes 14958 (14.6 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

Figura 4 – Ataque spoofing terminal ip Kali Linux (192.168.1.74).


```

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . : fe80::b4d4:6d93:9670:2713::17
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.1.69
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . : 192.168.1.254

```

Figura 5 – Ataque spoofing terminal ip Windows (192.168.1.69).

Luego verificamos que entre las dos máquinas virtuales haya comunicación. Para ello hacemos ping en las dos máquinas con la IP de cada una para corroborar lo anterior, ver Figura 6.

```

$ ping 192.168.1.69
PING 192.168.1.69 (192.168.1.69) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 192.168.1.69: icmp_seq=1 ttl=128 time=0.447 ms
64 bytes from 192.168.1.69: icmp_seq=2 ttl=128 time=0.325 ms

```

Figura 6 – Verificando conectividad.

Para el siguiente paso, luego de corroborar la comunicación entre las dos VB, desde nuestra máquina Kali (atacante) entramos en modo supe usuario, ver Figura 7.

```

(carlosgambin@carlosc)-[~]
$ sudo su

```

Figura 7 – Modo súper Usuario.

Vamos a hacer uso de una herramienta que se llama Ettercap, esta es una herramienta potente, flexible y portátil creada para realizar varios tipos de ataques MITM contra una red, manipular HTTP, HTTPS y tráfico TCP en tiempo real, buscar credenciales y mucho más. Para ello debemos hacer la instalación de algunas dependencias. Usamos el siguiente comando apt-get build-essential ruby-dev libpcap-dev para hacer compatible la plataforma, ver Figura 8.

```

(root@carlosc)-[/home/carlosgambin]
# apt-get install build-essential ruby-dev libpcap-dev

```

Figura 8 – Instalación de librerías.

Actualizamos paquetes de Kali Linux para no tener problemas con las versiones, ver Figura 7.

```

(root@carlosc)-[/home/carlosgambin]
# apt-get update

```

Figura 9 – Actualización de librerías

En este punto se procede a instalar la herramienta que se utilizara, con el comando apt-get install Ettercap. Corroboramos su versión, ver Figura 8.

```
(root@carlosc)~[/home/carloscgambin]
$ bettercap --version
```

Figura 10 – Comprobación Ettercap

EtterCap ya incluye un spoofer ARP (funcionando tanto en modo dúplex completo como medio duplex), un spoofer de DNS y el primer spoofer de ICMP DoubleDirect totalmente funcional y totalmente automatizado en el mundo. Ponemos a correr el Ettercap para ejecutar el ataque, ver Figura 9.

```
(root@carlosc)~[/home/carloscgambin]
$ bettercap
bettercap v2.30.2 (built for linux 386 with go1.15.8) [type 'help' for a list of
commands]

192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 »
```

Figura 11 – Ejecución Ettercap

Con net probe on, podemos ver todas las ip de los dispositivos que están conectados bajo la misma red de internet. En esa lista podemos darnos cuenta de que se encuentra la de la máquina que queremos atacar (Windows), ver Figura 10.

```
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » net.probe on
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:03] [sys.log] [net] net.probe starting n
et.recon as a requirement for net.probe
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:03] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.69
detected as 08:00:27:f4:fe:59 (PCS Computer Systems GmbH).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:03] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.72
detected as 90:32:4b:12:88:47 (Hon Hai Precision Ind. Co.,Ltd.).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:03] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.65
detected as 4c:c9:5b:90:28:0f (Samsung Electronics Co.,Ltd).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:04] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.59
detected as f6:83:1f:d1:13:26.
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:04] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.64
detected as e0:88:5d:d2:19:25 (Technicolor CH USA Inc.).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » [21:52:04] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.67
detected as 2c:d0:66:43:58:40 (Xiaomi Communications Co Ltd).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 »
```

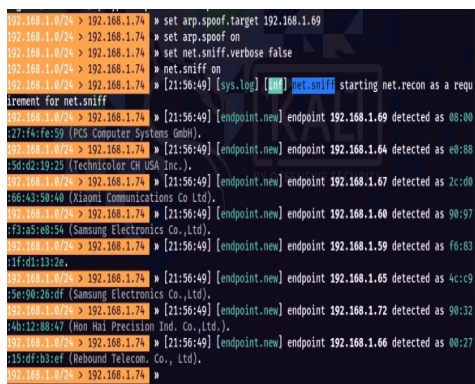
Figura 12 – Configuración de parámetros

Con nuestra herramienta corriendo y teniendo conocimiento de la máquina que va a ser atacada, fijamos el objetivo a vulnerar con el siguiente comando, ver Figura 11.

```
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 » set arp.spoof.target 192.168.1.69
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 »
```

Figura 13 – Configuración de parámetros terminal.

Con el comando `set arp.spoof on` se comienza el proceso de espionaje hacia la otra máquina, ver Figura 12.



```

192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > set arp.spoof.target 192.168.1.69
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > set arp.spoof on
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > set net.sniff.verbose false
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > net.sniff on
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [sys.log] [net-sniff] starting net.recon as a requ
irement for net.sniff
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.69 detected as 08:00
:27:14:fe:50 (PCS Computer Systems GmbH).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.64 detected as e0:88
:5d:d2:19:25 (Technicolor CH USA Inc.).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.67 detected as 2c:d0
:86:43:50:40 (Xiaomi Communications Co Ltd).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.60 detected as 90:97
:f3:d5:e0:5a (Samsung Electronics Co., Ltd).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.59 detected as f6:83
:31fd:13:2e.
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.65 detected as 4c:c9
:3e:90:26:df (Samsung Electronics Co., Ltd).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.72 detected as 90:32
:4b:12:88:47 (Hon Hai Precision Ind. Co., Ltd.).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 > [21:56:49] [endpoint.new] endpoint 192.168.1.66 detected as 80:27
:35df:b3:ef (Rebound Telecom. Co., Ltd).
192.168.1.0/24 > 192.168.1.74 >

```

Figura 14 – Comienza el ataque

Con el comando `set net.sniff.verbose false` podremos ver todo el tráfico de internet que está pasando por la máquina a la cual estamos atacando (Windows) y con net.

5 Conclusión

La internet y las plataformas digitales están muy expuestas al mal manejo de los datos privados, la suplantación y clonación de identidad como lo vimos en el anterior trabajo hacen parte de la orden del día ya que van desde suplantación de ir hasta GPS, logrando así que los usuarios no tengan un 100% de seguridad sobre sus datos e información. Los niveles sobre los cuales se puede presentar el Spoofing varían según sea la capacidad y habilidades del hacking, ya que cualquier hacker con conocimientos mínimos de programación y redes puede hacer este tipo de delitos en plataformas con baja seguridad. Ahora bien, Gracias a la tabla taxonómica expuesta se adquiere conocimientos como, las nuevas técnicas de spoofing, los diferentes vectores de ataque y finalidades de uso por parte de los ciber delinquentes, se dimensiona con más claridad el daño causado y se prevé el daño que puede causar con base en los datos analizados. Se toma conciencia de la importancia de realizar buenas practicas frente a la seguridad de la información y se aprenden herramientas básicas para a mitigación del spoofing.

Referencias

- Anthony, P., Ay, B., & Aydin, G. (2021). A Review of Face Anti-spoofing Methods for Face Recognition Systems. *2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9548404/>
- Bethi, P., Pathipati, S., & Aparna, P. (2020, December 10). Stealthy GPS Spoofing: Spoofer Systems, Spoofing Techniques and Strategies. *2020 IEEE 17th India Council International Conference, INDICON 2020*. <https://doi.org/10.1109/INDICON49873.2020.9342317>

- Bhirud, S. G., & Katkar, V. (2011a). Light weight approach for IP-ARP spoofing detection and prevention. *2011 Second Asian Himalayas International Conference on Internet (AH-ICI)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6113951/>
- Bhirud, S. G., & Katkar, V. (2011b). Light weight approach for IP-ARP spoofing detection and prevention. *Asian Himalayas International Conference on Internet*. <https://doi.org/10.1109/AHICI.2011.6113951>
- Chen, H., Chen, Y., Tian, X., & Jiang, R. (2019). A Cascade Face Spoofing Detector Based on Face Anti-Spoofing R-CNN and Improved Retinex LBP. *IEEE Access*, 7. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8911314/>
- Choi, Y., Jung, Y., & Kim, H. (2021). Neural MOS Prediction for Synthesized Speech Using Multi-Task Learning with Spoofing Detection and Spoofing Type Classification. *2021 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383533/>
- Chua, M., Balachandran, V., Kapoor, G., & Weisheng, T. (2020). Location Spoofing Detection Enhancement through RSSI Inferred Movement Analysis. *2020 Sixth International Conference on Mobile And Secure Services (MobiSecServ)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/MobiSecServ48690.2020.9042947>
- Claro, C.-C. de O. de C. de. (n.d.). Cifras de ciberseguridad en Colombia prenden alarmas al cierre de 2020. *Portafolio-2020*.
- Das, K. A., George, K. K., Kumar, C. S., Veni, S., & Panda, A. (2016). Modified gammatone frequency cepstral coefficients to improve spoofing detection. *2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7732024/>
- Feng, Y., Feng, W., Che, W., Ma, X., Yang, W., & Xue, Q. (2018). Wideband power divider using double-layer periodic spoof surface plasmon polaritons. *2018 IEEE MTT-S International Wireless Symposium (IWS)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8400800/>
- Kavisankar, L., Chellappan, C., Venkatesan, S., & Sivasankar, P. (2017). Efficient SYN spoofing detection and mitigation scheme for ddos attack. *Proceedings - 2017 2nd International Conference on Recent Trends and Challenges in Computational Models, ICRTCCM 2017*, 269–274. <https://doi.org/10.1109/ICRTCCM.2017.55>
- Li, J., Li, W., He, S., Dai, Z., & Fu, Q. (2020). Research on Detection of Spoofing Signal with Small Delay Based on KNN. *2020 IEEE 3rd International Conference on Electronics Technology (ICET)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9119515/>
- Liu, K., Wu, W., & Wu, Z. (2018). Using the Receiver Clock Offset Abnormal to Prove the Existence of Spoofing Signal. *2018 37th Chinese Control Conference (CCC)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8483884/>
- Raguvaran, S. (2014). Spoofing attack: Preventing in wireless networks. *International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2014 - Proceedings*, 117–121. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2014.6949811>

- Schmidt, E., Gatsis, N., & Akopian, D. (2020). A GPS Spoofing Detection and Classification Correlator-Based Technique Using the LASSO. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 56(6), 4224–4237. <https://doi.org/10.1109/TAES.2020.2990149>
- Songala, K. K., Ammana, S. R., Ramachandruni, H. C., & Achanta, D. S. (2020). Simplistic Spoofing of GPS Enabled Smartphone. *Proceedings of 2020 IEEE International Women in Engineering (WIE) Conference on Electrical and Computer Engineering, WIECON-ECE 2020*, 460–463. <https://doi.org/10.1109/WIECON-ECE52138.2020.9397980>
- Tao, L., Nie, P., Sun, J., niu, Z., Meng, X., & Zhu, B. (2019). An Improved Multiple Hypothesis Solution Separation Algorithm for GNSS Anti-Spoofing. *2019 2nd International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9075703/>
- Xu, J., Duan, L., & Zhang, R. (2017). Fundamental Rate Limits of Physical Layer Spoofing. *IEEE Wireless Communications Letters*, 6(2), 154–157. <https://doi.org/10.1109/LWC.2016.2645680>
- Zeng, H. (2013a). Research on Developing a Lab Environment for Cookie Spoofing Attack and Defense Education. *2013 International Conference on Computational and Information Sciences*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6643436/>
- Zeng, H. (2013b). Research on developing a lab environment for cookie spoofing attack and defense education. *Proceedings - 2013 International Conference on Computational and Information Sciences, ICCIS 2013*, 1979–1982. <https://doi.org/10.1109/ICCIS.2013.517>
- Zhu, X., Li, S., Zhang, X., Li, H., & Kot, A. C. (2021). Detection of Spoofing Medium Contours for Face Anti-Spoofing. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 31(5). <https://ieeexplore.ieee.org/document/8884098/>

La intención de usar páginas de comercio electrónico en los jóvenes universitarios

Karla Paola Jiménez-Almaguer¹

kjimenez@docentes.uat.edu.mx

¹ Profesora-Investigadora de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Privada Tuxpan 101 Col. Petrolera, 89110, Tampico, Tamaulipas, México.

Pages: 36-51

Resumen: Las compras en línea tienen una presencia cada vez más importante, y las redes sociales han ayudado a su crecimiento. De ahí la necesidad de conocer qué atrae a las personas hacia el uso de dichos sitios web. El objetivo del presente trabajo fue contribuir a la literatura sobre la intención de uso de páginas de compra en línea. Se combinó el modelo de aceptación tecnológica (TAM) con la confianza. Mediante una muestra de 199 estudiantes universitarios del sur de Tamaulipas (México), se realizó un modelo de regresión lineal. Los resultados muestran que la actitud, la confianza y la facilidad de uso son predictores significativos de la intención de uso de las páginas de comercio electrónico. Estos hallazgos son importantes para los minoristas en línea y las asociaciones relacionadas en contextos como el analizado. Una implicación clave es que los vendedores en línea deben esforzarse por hacer que sus sitios Web sean confiables y atractivos.

Palabras-clave: compras en línea, TAM, estudiantes universitarios, confianza.

Intention to use e-commerce web sites in university students

Abstract: Online shopping has an increasingly important presence, and social media has helped its growth. Hence the need to know what attracts people to the use of such websites. The objective of this study was to contribute to the literature on the intention to use online shopping pages. The technology acceptance model (TAM) was combined with trust. Using a sample of 199 university students from southern Tamaulipas (Mexico), a linear regression model was performed. The results show that attitude, confidence, and ease of use are significant predictors of the intention to use e-commerce pages. These findings are important to online retailers and related associations in contexts such as the one analyzed. A key implication is that online marketers must strive to make their websites trustworthy and attractive.

Keywords: online shopping, TAM, college students, trust.

1. Introducción

Las compras en línea han jugado un papel importante en las últimas dos décadas, las cuales ascendieron a \$ 2.8 billones de dólares estadounidenses en 2018; y se espera que

aumenten hasta \$ 4.8 billones de dólares estadounidenses para el año 2021 (Statista, 2021). Pero un problema urgente para los minoristas en línea es identificar, atraer y retener a los clientes (Vijayarathy, 2004).

Simultáneamente, con el interés organizacional en las compras en línea, se han publicado una gran cantidad de trabajos académicos al respecto (Brusch y Rappel, 2020; Changchit et al., 2019; Gefen et al., 2003; Hajli et al., 2017; Lim et al., 2016; Lindh et al., 2020; Nguyen et al., 2019; Pavlou et al., 2007; Pavlou y Fygenson, 2006; Rehman et al., 2019; Yoo y Donthu, 2015). Estas investigaciones se han desarrollado en América del Norte (Estados Unidos, específicamente), Asia y Europa; ofreciendo una explicación del consumidor en dichos entornos.

Sin embargo, no se han abordado suficientemente respecto a la adopción del comercio electrónico como formato de compra. Del mismo modo, aunque se han analizado estudiantes en estudios previos debido a que las universidades moldean a las generaciones para ejercer funciones valiosas de manera efectiva (Frank y Meyer, 2007) y porque estos pueden ser percibidos como líderes potenciales, se han abordado escasamente en el contexto mexicano.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue contribuir a la literatura sobre la intención de uso de páginas de compra en línea. Se desarrolló un marco de investigación combinando el modelo de aceptación tecnológica (TAM) con la confianza. Con el fin de cumplir este propósito en el siguiente apartado se abordan los modelos de aceptación tecnológica desarrollados hasta ahora. Posteriormente, se presentan las hipótesis de investigación siguiendo el modelo TAM combinado con la variable confianza. En seguida, se fundamentan los elementos del diseño metodológico elegido. Luego se presentan los principales resultados. Y, finalmente, se exponen las conclusiones y discusión de estas.

2. Modelo de aceptación tecnológica (TAM) e hipótesis de investigación

El TAM se considera el modelo más robusto, parsimonioso e influyente en los comportamientos de aceptación en múltiples campos (Venkatesh y Bala, 2008). Este modelo se integra principalmente por la intención de uso, la utilidad percibida, la actitud y la facilidad de uso percibida. Ahora bien, para explicar la aceptación, se integró la confianza en el TAM.

La intención de uso es parte del modelo básico TAM y se ha incluido en una cantidad considerable de estudios (Brusch y Rappel, 2020). La utilidad percibida hace referencia al nivel en el que una persona considera que una tecnología específica que está utilizando aumenta el rendimiento de su tarea (Bagozzi, 1982; Davis, 1989). En un estudio realizado en Alemania con usuarios de Instagram se observó que al realizar compras instantáneas la utilidad percibida de dicha función tiene una influencia significativa en la intención de uso (Brusch y Rappel, 2020). Del mismo modo, Felea et al. (2021) al analizar la adopción de tecnología que se viste entre estudiantes de negocios en una institución de educación superior de Rumania encontraron este resultado.

Igualmente, esta influencia se apoya en el estudio realizado en Malasia por Ooi y Tan (2016), quienes analizaron la intención de uso de una tarjeta de crédito para celulares

inteligentes. Asimismo, en España, Ramos de Luna et al. (2019) al analizar la intención de adoptar sistemas de pago móviles en 287 usuarios encontraron que la utilidad percibida es uno de los determinantes claros de la intención de uso. Por su parte, Liébana-Cabanillas et al. (2018) entre usuarios españoles se apoya este efecto que la utilidad percibida ejerce sobre la intención de uso, en su caso de un sistema de pago móvil. Por último, en Irán Sepasgozar et al. (2019) también encuentran que la utilidad percibida posee una influencia positiva en la intención de uso de tecnologías urbanas. Por lo anterior, se propone la siguiente hipótesis:

H1: La utilidad percibida influye positiva y significativamente en la intención de uso.

La actitud hacia el comportamiento específico se define como “el grado en que una persona tiene una evaluación o valoración favorable o desfavorable del comportamiento en cuestión” (Ajzen, 1991: 88). La utilidad percibida es un determinante importante de la actitud porque entre más útil perciben el uso de páginas de comercio electrónico en las redes sociales más favorables son las actitudes hacia el uso de estas (Liu et al., 2019). Esta relación se ha apoyado en diferentes contextos, entre ellos: la intención de usar tecnología que se viste entre estudiantes rumanos (Felea et al., 2021), sistemas de pago móvil entre usuarios españoles (Liébana-Cabanillas et al., 2018; Ramos de Luna et al., 2019), el uso del aprendizaje en línea por estudiantes indonesios durante la pandemia del COVID-19 (Mailizar et al., 2021) y la compra de alimentos en línea en Vietnam (Nguyen et al., 2019). Por consiguiente, se sugiere la siguiente hipótesis:

H2: La utilidad percibida influye positiva y significativamente en la actitud.

Aplicando esto al contexto de este estudio, “facilidad de uso” es la percepción del consumidor de que comprar en internet implicará un mínimo de esfuerzo (Perea y Monsuwé et al., 2004). En la literatura se encuentra que la facilidad de uso influye en la utilidad percibida. Por ejemplo, en las compras instantáneas en usuarios alemanes (Brusch & Rappel, 2020); pagos móviles entre participantes españoles (Liébana-Cabanillas et al., 2018; Ramos de Luna et al., 2019) y en usuarios de 22 países (Liu et al., 2019); compra de alimentos en línea por usuarios de Vietnam (Nguyen et al., 2019) y la prueba virtual de ropa entre usuarios chinos (Zhang et al., 2019). Esto da como resultado la siguiente hipótesis:

H3: La facilidad de uso percibida influye positiva y significativamente en la utilidad percibida.

A su vez, diversos estudios han demostrado que la facilidad de uso influye en la actitud. Liébana-Cabanillas et al. (2018) lo comprueban al analizar la intención de utilizar sistemas de pago móviles en nuevos entornos electrónicos en España. Del mismo modo, Mailizar et al. (2021) respaldan este efecto al estudiar la intención de uso de aprendizaje en línea en estudiantes de Indonesia. Asimismo, (Nguyen et al., 2019) señalan el efecto de la percepción de la facilidad de uso de plataformas electrónicas y la actitud hacia el consumo de alimentos en usuarios vietnamitas. Mientras que Liu et al. (2019) en su meta-análisis encuentran también que la facilidad de uso influye en la actitud hacia los pagos móviles. Con base en lo anteriormente expuesto, se sugiere la siguiente hipótesis:

H4: La facilidad de uso influye positiva y significativamente en la actitud.

En estudios previos se ha manifestado que el percibir una tecnología como fácil de utilizar provocará que los usuarios posean la intención de usarla. Al respecto, Liu et al. (2019) encuentran que la percepción de facilidad de uso de tecnologías de pago móviles influye en la intención de uso de estas. Esto mismo se apoya en la intención de uso de una tarjeta de crédito en un celular inteligente entre usuarios malayos (Ooi & Tan, 2016). Igualmente, se comprueba en la intención de uso tecnologías urbanas para desarrollar ciudades inteligentes entre ciudadanos de tres ciudades en Irán (Sepasgozar et al., 2019). En vista de estos hallazgos en contextos distintos, se construyó la siguiente hipótesis:

H5: La facilidad de uso influye positiva y significativamente en la intención de uso.

La relación entre la actitud hacia el uso de tecnologías innovadoras y la intención de uso ha sido afirmada en diferentes campos de estudio, tales como tecnologías que se visten (Felea et al., 2021), sistemas de pagos móviles (Liébana-Cabanillas et al., 2018; Liu et al., 2019; Ramos de Luna et al., 2019); aprendizaje en línea (Mailizar et al., 2021) y tarjetas de crédito en tecnologías móviles (Ooi y Tan, 2016). Con base en estudios previos, se propone la misma relación en el contexto del comercio electrónico en las redes sociales. Por lo que se propone la siguiente hipótesis:

H6: La actitud influye positiva y significativamente en la actitud.

La confianza se describió como “un conjunto de creencias específicas que se ocupan principalmente de la integridad, la benevolencia y la capacidad de otra parte” y, además, se refiere a la “expectativa de que otras personas en las que uno elige confiar no se comportarán de manera oportunista aprovechándose de la situación” (Gefen et al., 2003). La confianza juega un papel vital en el comercio electrónico porque los clientes en línea no pueden tocar, ver o verificar la calidad de un producto. Este estudio se centra en la confianza del sitio web, que se refiere a las creencias del consumidor sobre la seguridad, integridad y confiabilidad del sitio web de un minorista (Nguyen et al., 2019). Liébana-Cabanillas et al. (2018) encontraron que la confianza tiene un efecto positivo en la actitud hacia un sistema de pago en línea entre usuarios de Facebook en una ciudad de España. Mientras que (Nguyen et al., 2019) hallaron que la confianza mejora la actitud hacia la compra de alimentos en línea en Vietnam. Por lo tanto, se propone la siguiente hipótesis:

H7: La confianza influye positiva y significativamente en la actitud.

Por último, Nguyen et al. (2019) encuentran que la confianza en un sitio web tiene un efecto positivo en la intención de compra de alimentos en línea entre consumidores en Vietnam. Igualmente, en el meta-análisis desarrollado por Liu et al. (2019) se descubre que la confianza es un aspecto importante para predecir la intención de uso en pagos móviles. Del mismo modo, Ooi y Tan (2016) señalan que la confianza influye en la intención de utilizar una tarjeta de crédito en un dispositivo móvil entre usuarios de Malasia. Por tanto, se propone la siguiente hipótesis:

H8: La confianza influye positiva y significativamente en la intención de uso.

Lo propuesto previamente se muestra de manera gráfica en la Figura 1.

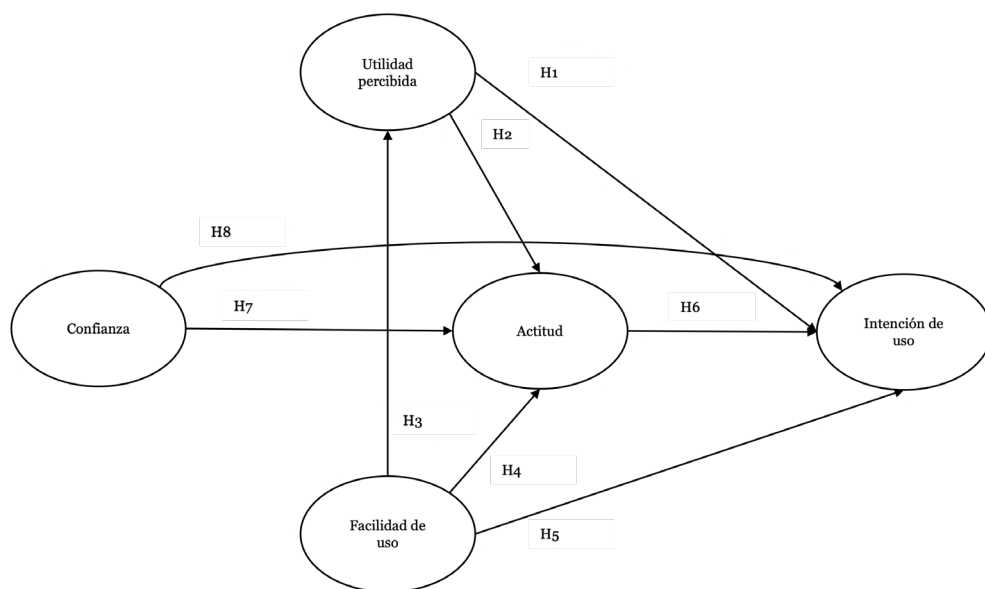


Figura 1 – Modelo de investigación

3. Metodología

Los datos se recopilaban mediante un cuestionario electrónico a través de la plataforma Formularios de Google aplicado a estudiantes de los últimos 3 semestres de licenciatura de una facultad que ofrece carreras de negocios de una universidad pública del sur de Tamaulipas durante el periodo del 10 de enero al 28 de febrero del 2020. La encuesta constó de 39 ítems diseñados para cinco variables latentes: 1) confianza, 2) utilidad percibida, 3) facilidad de uso percibida, 4) actitud e, 5) intención de uso. Estas se midieron con escala de tipo Likert de 5 puntos (1 = Totalmente en Desacuerdo; 5 = Totalmente de Acuerdo). En el caso de la confianza se utilizaron 13 ítems obtenidos de las escalas propuestas por Pavlou (2003); Flavián Blanco y Guinalú Blasco (2007), Lorenzo Romero et al. (2011), Pavlou (2003) y Ruiz Vega et al. (2007). Por su parte, la utilidad percibida se midió con 4 ítems diseñados con base en las escalas empleadas por Lorenzo Romero et al. (2011), Moon y Kim (2001) y Sánchez Franco et al. (2007). Mientras, la facilidad de uso percibida se midió utilizando 11 ítems propuestos por Davis et al. (1989), Lorenzo Romero et al. (2011), Moon y Kim (2001), Pikkarainen et al. (2004), Shin (2008a, 2008b) y Venkatesh (2000). La actitud se midió a través de 5 ítems adoptados de las escalas diseñadas por Lorenzo Romero et al. (2011) y Moon y Kim (2001). Finalmente, la intención de uso se midió mediante seis ítems obtenidos de las escalas propuesta por Chan y Lu (2004), Davis (1989), Lorenzo Romero et al. (2011), Mathwick (2002) y Moon y Kim (2001).

La población se conformó por estudiantes de los últimos 3 semestres de licenciatura de una universidad pública del sur de Tamaulipas (México). Para la selección se optó por una muestra no probabilística. En total, se aplicaron 202 encuestas. En el cuestionario

electrónico se cuidó el anonimato de los participantes ya que no se solicitaron sus nombres; además, se indicó que los datos serían tratados de manera colectiva y se solicitó su autorización para publicar los resultados. De estas, se eliminaron 3 debido a que los participantes no habían comprado en páginas de comercio electrónico, resultando una muestra de 199 observaciones. De los cuales 104 son mujeres y 95 son hombres. En cuanto a la edad, 90 % de ellos oscila entre los 20 y los 23 años.

4. Resultados

El análisis de los datos se llevó a cabo en el entorno R (versión 4.1.1). En primer lugar, para probar la confianza y validez de las escalas utilizadas en el contexto analizado se analizó el coeficiente alfa de cronbach y el análisis factorial confirmatorio (AFC). El coeficiente α de cronbach para el instrumento señala una buena confiabilidad interna (Tabla 1).

Constructo e ítems	α
Actitud (A) <i>Usar plataformas de comercio electrónico es buena idea</i> <i>Es divertido participar en plataformas de comercio electrónico</i> <i>Estoy de acuerdo con la existencia de plataformas de comercio electrónico</i> <i>Es agradable conectarse a plataformas de comercio electrónico</i> <i>Utilizar plataformas de comercio electrónico me parece una idea positiva</i>	0.949
Confianza (C) <i>Creo que las plataformas de comercio electrónico mantienen las promesas y compromisos que realiza</i> <i>Creo que la información ofrecida en las plataformas de comercio electrónico es sincera y honesta</i> <i>Las plataformas de comercio electrónico se caracterizan por su franqueza y transparencia al ofrecer sus servicios al usuario</i> <i>Las plataformas de comercio electrónico son dignas de fiar</i> <i>Las empresas que gestionan las plataformas de comercio electrónico actúan responsablemente</i> <i>En general, las plataformas de comercio electrónico me resultan de confianza</i> <i>Me preocupa poco mostrar información personal en las plataformas de comercio electrónico</i> <i>Creo que puedo fiarme de las plataformas de comercio electrónico</i> <i>Creo que el comportamiento de las plataformas de comercio electrónico es ético</i> <i>Creo que las plataformas de comercio electrónico son competentes para realizar su trabajo</i> <i>Creo que las plataformas de comercio electrónico tienen los recursos necesarios para realizar con éxito sus actividades</i> <i>Creo que las plataformas de comercio electrónico no harían nada que pudiera perjudicar a sus usuarios de forma intencionada</i> <i>Creo que al diseñar plataformas de comercio electrónico se tiene muy en cuenta los deseos y necesidades de los usuarios</i>	0.961

Constructo e ítems	α
Facilidad de uso (FU) <i>Me sería posible usar plataformas de comercio electrónico sin la ayuda de un experto</i> <i>Aprender a manejar plataformas de comercio electrónico resulta sencillo</i> <i>Es fácil aprender cómo se usan las plataformas de comercio electrónico</i> <i>Es fácil conseguir hacer en plataformas de comercio electrónico lo que se pretende</i> <i>Se necesita poco tiempo para aprender a usar plataformas de comercio electrónico</i> <i>Es fácil recordar cómo se usan las plataformas de comercio electrónico</i> <i>La interacción con las plataformas de comercio electrónico es clara y comprensible</i> <i>Sería fácil ser un experto en la utilización de plataformas de comercio electrónico</i> <i>Las plataformas de comercio electrónico son sencillas de manejar para cualquier persona</i> <i>Usar plataformas de comercio electrónico requiere poco esfuerzo mental</i> <i>En general, encuentro que las plataformas de comercio electrónico son fáciles de usar</i>	0.950
Utilidad percibida (UP) <i>Considero que las funciones de las plataformas de comercio electrónico resultan útiles para mí</i> <i>Usar las plataformas de comercio electrónico favorece la interacción con otros usuarios</i> <i>Usar plataformas de comercio electrónico permite acceder a mucha información</i> <i>En general, encuentro las plataformas de comercio electrónico de gran utilidad</i>	0.840
Intención de uso (IU) <i>Es probable que participe o siga participando en plataformas de comercio electrónico</i> <i>Es cierto que voy a intercambiar o seguir intercambiando información en plataformas de comercio electrónico</i> <i>Es cierto que voy a vender o seguir vendiendo a través de plataformas de comercio electrónico</i> <i>Es cierto que voy a comprar o seguir comprando a través de plataformas de comercio electrónico</i> <i>Tengo intención de empezar o continuar usando plataformas de comercio electrónico</i> <i>Recomendare a otros usuarios el uso de plataformas de comercio electrónico</i>	0.937
	0.968

Tabla 1 – Medición de las variables y confiabilidad interna

Los eigenvalues no dieron menor a 1.0 y las cargas factoriales no fueron menores a 0.3 (Tabachnick y Fidell, 2013). Del mismo modo, los resultados de los AFC ayudaron a asegurar que la factorización de los datos por la prueba de esfericidad de Bartlett fuera significativa de manera estadística ($P < 0.001$) y, como prueba de aprobación, el valor de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) fuera mayor a 0.7. Por ello, se supone que las medidas tuvieron una buena consistencia interna de confiabilidad (Hair et al., 2010).

Con el propósito de analizar la relación los constructos se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson (Tabla 2).

La intención de utilizar las páginas de compra en línea está correlacionada con la utilidad percibida, la confianza, la facilidad de uso y con la actitud. Es decir, entre mayor sean la utilidad percibida, la confianza, la facilidad de uso y la actitud mayor es la intención de usar páginas de comercio electrónico entre los jóvenes universitarios.

	Utilidad percibida	Confianza	Facilidad de uso	Actitud	Intención de uso
<i>Utilidad percibida</i>	1.000				
<i>Confianza</i>	0.558 ***	1.000			
<i>Facilidad de uso</i>	0.525 ***	0.425 ***	1.000		
<i>Actitud</i>	0.682 ***	0.549 ***	0.410 ***	1.000	
<i>Intención de uso</i>	0.655 ***	0.585 ***	0.512 ***	0.759 ***	1.000

* significancia al $P < 0.05$

** significancia al $P < 0.01$

*** significancia al $P < 0.001$

Tabla 2 – Correlación entre utilidad percibida, confianza, facilidad de uso, actitud e intención de uso

Ahora bien, con el propósito poner a prueba las hipótesis se realizó un análisis de regresión; esto, debido a que permite observar más claramente los factores que influyen en las variables dependientes del modelo. Este análisis de regresión elimina la multicolinealidad de las variables independientes. Así, solamente se observan los predictores que impactan significativamente en los constructos analizados; este impacto es independiente de la varianza de las demás variables.

En primer lugar, para poder analizar el efecto sobre la variable dependiente principal, el modelo posee una predicción moderada de la intención de uso de páginas de comercio electrónico, explicando el 64 % de la varianza en la intención de usar páginas de comercio electrónico (R^2 ajustado) (Tabla 3). La confianza, la facilidad de uso y la actitud son predictores estadísticamente significativos de la intención de uso de las páginas de comercio electrónico. Esto significa que cuando los usuarios sienten una mayor confianza, facilidad de uso y una actitud positiva al navegar en sitios web de comercio electrónico desean utilizarlas. Lo anterior señala que no se rechazan las hipótesis 5, 6 y 8, pero sí se rechaza la hipótesis 1 referente al efecto de la utilidad percibida sobre la intención de uso de páginas de comercio electrónico.

De la misma forma, se llevó a cabo un análisis de regresión para conocer los predictores de la actitud, una de las variables dependientes. El modelo 2 tiene una predicción moderada ya que logra explicar el 49 % de la varianza de la actitud hacia las páginas de comercio electrónico (R^2 ajustado). En cuanto a la actitud, la utilidad percibida y la confianza son sus principales predictores ya que la predicción es de manera estadística y de forma positiva y significativa. Lo anterior significa que cuanto mayor utilidad y confianza perciben, estos usuarios poseen una mejor actitud hacia las páginas de comercio electrónico (Tabla 4). Esto significa que no se rechazan las hipótesis 2 y 7, pero sí se rechaza aquella que proponía la influencia de la facilidad de uso sobre la actitud (H4).

Modelo 1	Coef.	Error estándar	Sig.
1(Const.)	- 0.396	0.369	0.286
Utilidad percibida	0.164	0.121	0.179
Confianza	0.170	0.082	0.041 *
Facilidad de uso	0.195	0.085	0.025 *
Actitud	0.551	0.092	0.000 ***
R= 0.653 8			
R2= 0.639 1			

* significancia al P < 0.05

** significancia al P < 0.01

*** significancia al P < 0.001

Tabla 3 – Análisis de regresión y predictores de la intención de uso de páginas de comercio electrónico

Modelo 2	Coef.	Error estándar	Sig.
1(Const.)	0.461	0.410	0.263
Utilidad percibida	0.664	0.117	0.000 ***
Confianza	0.239	0.088	0.008 **
Facilidad de uso	0.030	0.095	0.755
R= 0.507 2			
R2= 0.491 6			

* significancia al P < 0.05

** significancia al P < 0.01

*** significancia al P < 0.001

Tabla 4 – Análisis de regresión y predictores de la actitud hacia las páginas de comercio electrónico

Modelo 2	Coef.	Error estándar	Sig.
1(Const.)	2.206	0.324	8.29e-10 ***
Facilidad de uso	0.468	0.077	2.38e-08 ***
R= 0.275 9			
R2= 0.268 4			

* significancia al P < 0.05

** significancia al P < 0.01

*** significancia al P < 0.001

Tabla 5 – Análisis de regresión y predictores de la utilidad percibida de las páginas de comercio electrónico

Por último, se analiza la predicción sobre la variable dependiente (utilidad percibida) en el modelo 3, en el cual se indica que se posee un pronóstico pequeño, ya que se explica el 27 % de la varianza de la utilidad percibida de las páginas de comercio electrónico (R^2 ajustado). En cuanto a la utilidad percibida, la facilidad de uso resulta ser un predictor importante de esta. Es decir, cuando los usuarios de las páginas de comercio electrónico perciben que estas son fáciles de utilizar se sienten motivados a recurrir a estas (Tabla 5). Lo anterior indica que no se rechaza la hipótesis 3.

4. Conclusiones y discusión

Las compras en línea tienen una presencia cada vez más importante en el mercado y las redes sociales han ayudado a su crecimiento. De ahí la necesidad de conocer qué atrae a las personas hacia el uso de dichos sitios web. El propósito de este estudio fue, a partir del modelo TAM, examinar el papel de la confianza, la utilidad percibida, la facilidad de uso y de la actitud al predecir la intención de uso de páginas de comercio en línea. El modelo propuesto reporta la capacidad de la confianza, la actitud y la facilidad de uso de incrementar la intención de utilizar páginas de comercio electrónico. Por lo que no se rechazan las H5, H6 y H8. Estos resultados concuerdan con los de estudios previos. En el caso de la facilidad de uso eso mismo se encuentra en Henao-Ramírez y López-Zapata (2021), Kamble et al. (2021), Liu et al. (2019), Ooi y Tan (2016) y Sepasgozar et al. (2019). Mientras que para el efecto de la confianza se coincide con análisis desarrollados por Liu et al. (2019), Nguyen et al. (2019) y Ooi y Tan (2016).

Por último, en relación con la variable que más influyó en la intención de uso: la actitud, se concuerda con las investigaciones de Felea et al. (2021), Liébana-Cabanillas et al. (2018), Liu et al. (2019), Mailizar et al. (2021), Ooi y Tan (2016) y Ramos de Luna et al. (2019). Ahora bien, no se encuentra evidencia de la influencia de la utilidad percibida en la intención de uso de páginas de comercio electrónico. Este hallazgo contradice lo señalado en observaciones previas (Brusch y Rappel, 2020; Felea et al., 2021; Ooi y Tan, 2016; Ramos de Luna et al., 2019; Sepasgozar et al., 2019). Este resultado pudiera deberse a que, aunque los usuarios no perciben como útiles algunas páginas de comercio electrónico, las utilizan debido a que son un pasatiempo hedónico habitual en su vida cotidiana. Del mismo modo, esto pudiera deberse a que se otorga menor importancia a la utilidad de dichas páginas y más a otros aspectos, como los analizados aquí. En resumen, la confianza, la facilidad de uso y la actitud son los aspectos que ayudan a determinar la intención de utilizar páginas de comercio electrónico.

Por otra parte, en cuanto a la variable actitud, se encuentra que tanto la utilidad percibida como la confianza influyen en esta, más no se encuentra evidencia del papel de la facilidad de uso en la actitud hacia las páginas de comercio electrónico. Estos resultados apoyan o contradicen estudios previos. En cuanto al efecto de la utilidad percibida sobre la actitud, este resultado se encontró previamente por Felea et al. (2021), Liébana-Cabanillas et al. (2018), Liu et al. (2019), Mailizar et al. (2021), Nguyen et al. (2019) y Ramos de Luna et al. (2019). En cuanto a la influencia de la confianza sobre la actitud, esta también se manifestó en Liébana-Cabanillas et al. (2018) y en Nguyen et al. (2019). Sin embargo, no se encuentra evidencia de la influencia de la facilidad de uso en la actitud hacia las páginas de comercio electrónico. Esto se opone a hallazgos previos (Liébana-Cabanillas et al., 2018; Liu et al., 2019; Mailizar et al., 2021; Nguyen

et al., 2019). Esto último puede atribuirse a que no se le da ninguna importancia a la facilidad de uso de las páginas de comercio electrónico en la actitud hacia estas. Es decir, los usuarios no le dan importancia a qué tan fácil es utilizar una página de comercio electrónico para determinar la actitud hacia estas, sino solo su utilidad y confianza.

Por último, no se encuentra que la facilidad de uso de una página de comercio electrónico influye en la utilidad percibida de esta. Esto concuerda con diversos estudios previos (Brusch y Rappel, 2020; Kamble et al., 2021; Liébana-Cabanillas et al., 2018; Liu et al., 2019; Mailizar et al., 2021; Nguyen et al., 2019; Ramos de Luna et al., 2019; Zhang et al., 2019). Considerando que el comercio electrónico es una práctica importante desde hace varias décadas y sigue evolucionando, el estudio de este continúa siendo importante. Por ello, el modelo propuesto en este estudio proporciona una base para investigaciones futuras sobre el comercio electrónico. Este análisis muestra de manera empírica que para los usuarios participantes los factores que resultan más importantes en su intención de utilizar las páginas de comercio electrónico son la confianza, la facilidad de uso y, sobre todo, la actitud. Estos resultados explican el 64 % de la varianza de la intención de uso de páginas de comercio electrónico.

Asimismo, para determinar la actitud hacia las páginas de comercio electrónico, los aspectos que más valoran los participantes son la utilidad y la confianza que perciben en estas. Estos factores logran explicar en un 49 % la varianza de la actitud hacia las páginas de comercio electrónico. Finalmente, la facilidad de uso de las páginas de comercio electrónico resulta importante para determinar la utilidad percibida de esta (explicando el 27 % de la varianza de la última).

En síntesis, estos hallazgos contribuyen al aportar conocimientos y mayor comprensión del uso de las páginas de comercio electrónico, mostrando que los consumidores actuales buscan sitios web confiables, fáciles de usar y los ayuden a tener una experiencia agradable. Esta investigación también aporta probando gran parte de los elementos del modelo TAM y la confianza en las páginas de compras en línea. Los resultados de esta investigación son relevantes para los profesionales del comercio electrónico. Lo hallado aquí señala la necesidad de diseñar páginas de comercio electrónico que sean fáciles de usar, confiables, se perciban como útiles y, sobre todo, les genere una sensación agradable.

Al igual que toda investigación científica, este estudio posee ciertas limitaciones que es necesario mencionar. En primer lugar, como la muestra es relativamente pequeña, los resultados solo pueden ser transferidos a poblaciones más grandes con precaución. Además, en esta investigación solo se consideró en la muestra usuarios de determinada edad y nivel educativo por lo que existe la importancia de continuar analizando más elementos del TAM entre diferentes usuarios de páginas de comercio electrónico.

No obstante, como se mencionó previamente, el analizar a los estudiantes resulta una aportación importante a la literatura debido a que estos representan generaciones futuras y se presenta el panorama en un contexto poco abordado en la literatura internacional y se aportan hallazgos que ayudan a comprender más al consumidor en países como México.

Del mismo modo, en el futuro es necesario considerar algunas variables mediadoras o moderadoras (motivación, satisfacción electrónica, conciencia, experiencias previas

o riesgo percibido) entre los elementos del TAM. Igualmente, debe tenerse en cuenta que el cuestionario se aplicó en un solo momento del tiempo. Un estudio longitudinal permitirá observar los cambios en las características de las variables examinadas y sus correlaciones a lo largo del tiempo. Esto sería un punto de partida útil para futuras investigaciones, ya que la aceptación no se mantiene estable en el tiempo, en particular, está influenciada por la experiencia (Taylor y Todd, 1995).

El conocer los factores que influyen en la intención de uso de las páginas de comercio electrónico resulta importante por su presencia en la vida cotidiana y su crecimiento. Se encuentran implicaciones para la teoría al encontrar evidencia que apoya el modelo TAM y también implicaciones para la práctica. Para los participantes de esta investigación, el aspecto que es más importante para desear utilizar páginas de compra es la actitud hacia estas, al igual que la confianza y su facilidad de uso. Mientras que para tener una mejor actitud es necesario percibirlas como útiles y confiables. Y para que se perciba su utilidad se requiere que sean fáciles de usar. Las limitaciones de este estudio disminuyen la capacidad de generalizar la aplicación de estos hallazgos, pero contribuyen en buena medida a comprender los aspectos que impulsan a utilizar el comercio electrónico.

Referencias

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Bagozzi, R. P. (1982). A field investigation of causal relations among cognitions, affect, intentions, and behavior. *Journal of Marketing Research*, 19(4), 562–583. <https://doi.org/10.2307/3151727>
- Brusch, I., & Rappel, N. (2020). Exploring the acceptance of instant shopping – An empirical analysis of the determinants of user intention. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 54(August), 101936. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.101936>
- Chan, S., & Lu, M. (2004). Understanding Internet Banking Adoption and Use Behavior. *Journal of Global Information Management*, 12(3), 21–43. <https://doi.org/10.4018/jgim.2004070102>
- Changchit, C., Cutshall, R., Lonkani, R., Pholwan, K., & Pongwiritthon, R. (2019). Determinants of online shopping influencing Thai consumer's buying choices. *Journal of Internet Commerce*, 18(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/15332861.2018.1496391>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 13(3), 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>
- 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>

- Felea, M., Bucur, M., Negruțiu, C., Nițu, M., & Stoica, D. A. (2021). Wearable technology adoption among romanian students: A structural model based on Tam. *Amfiteatru Economic*, 23(57), 376–391. <https://doi.org/10.24818/EA/2021/57/376>
- Flavián Blanco, C., & Guinalíu Blasco, M. (2007). Un análisis de la influencia de la confianza y del riesgo percibido sobre la lealtad a un sitio web. El caso de la distribución de servicio gratuitos. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(1), 159–178. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2336194>
- Frank, D. J., & Meyer, J. W. (2007). University expansion and the knowledge society. *Theory and Society*, 36(4), 287–311. <https://doi.org/10.1007/s11186-007-9035-z>
- Gefen, D., Karahanna, E., & Straub, D. W. (2003). Trust and tam in online shopping: AN integrated model. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 27(1), 51–90. <https://doi.org/10.2307/30036519>
- Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Prentice Hall. https://books.google.com.mx/books/about/Multivariate_Data_Analysis.html?id=VvXZnQEACAAJ&redir_esc=y
- Hajli, M. N., Sims, J., Zadeh, A. H., Richard, M. O., Hajli, N., Sims, J., Zadeh, A. H., & Richard, M. O. (2017). A social commerce investigation of the role of trust in a social networking site on purchase intentions. *Journal of Business Research*, 71, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.10.004>
- Henao-Ramírez, A. M., & López-Zapata, E. (2021). Analysis of the factors influencing adoption of 3D design digital technologies in Colombian firms. *Journal of Enterprise Information Management, ahead-of-p*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/JEIM-10-2020-0416>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Kumar, V., Belhadi, A., & Foropon, C. (2021). A machine learning based approach for predicting blockchain adoption in supply chain. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120465. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120465>
- Liébana-Cabanillas, F., Muñoz-Leiva, F., & Sánchez-Fernández, J. (2018). A global approach to the analysis of user behavior in mobile payment systems in the new electronic environment. *Service Business*, 12(1), 25–64. <https://doi.org/10.1007/s11628-017-0336-7>
- Lim, Y. J., Osman, A., Salahuddin, S. N., Romle, A. R., & Abdullah, S. (2016). Factors Influencing Online Shopping Behavior: The Mediating Role of Purchase Intention. *Procedia Economics and Finance*, 35, 401–410. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)00050-2](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)00050-2)
- Lindh, C., Rovira Nordman, E., Melén Hånell, S., Safari, A., & Hadjikhani, A. (2020). Digitalization and International Online Sales: Antecedents of Purchase Intent. *Journal of International Consumer Marketing*, 32(4), 324–335. <https://doi.org/10.1080/08961530.2019.1707143>

- Liu, Z., Ben, S., & Zhang, R. (2019). Factors affecting consumers' mobile payment behavior: A meta-analysis. *Electronic Commerce Research*, 19(3), 575–601. <https://doi.org/10.1007/s10660-019-09349-4>
- Lorenzo Romero, C., Alarcón de Amo, M. del C., & Gómez Borja, M. Á. (2011). Adopción de redes sociales virtuales: ampliación del modelo de aceptación tecnológica integrando confianza y riesgo percibido. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14(3), 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.j.cede.2010.12.003>
- Mailizar, M., Burg, D., & Maulina, S. (2021). Examining university students' behavioural intention to use e-learning during the COVID-19 pandemic: An extended TAM model. *Education and Information Technologies*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10557-5>
- Mathwick, C. (2002). Understanding the online consumer: A typology of online relational norms and behavior. *Journal of Interactive Marketing*, 16(1), 40–55. <https://doi.org/10.1002/dir.10003>
- Moon, J. W., & Kim, Y. G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. *Information and Management*, 38(4), 217–230. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(00\)00061-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(00)00061-6)
- Nguyen, T. T. H., Nguyen, N., Nguyen, T. B. L., Phan, T. T. H., Bui, L. P., & Moon, H. C. (2019). Investigating Consumer Attitude and Intention towards Online Food Purchasing in an Emerging Economy: An Extended TAM Approach. *Foods*, 8(11), 576. <https://doi.org/10.3390/foods8110576>
- Ooi, K. B., & Tan, G. W. H. (2016). Mobile technology acceptance model: An investigation using mobile users to explore smartphone credit card. *Expert Systems with Applications*, 59, 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.04.015>
- Pavlou, P. A. (2003). Consumer acceptance of electronic commerce: Integrating trust and risk with the technology acceptance model. *International Journal of Electronic Commerce*, 7(3), 101–134. <https://doi.org/10.1080/10864415.2003.11044275>
- Pavlou, P. A., & Fygenson, M. (2006). Understanding and predicting electronic commerce adoption: An extension of the theory of planned behavior. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 30(1), 115–143. <https://doi.org/10.2307/25148720>
- Pavlou, P. A., Huigang, L., & Yajiong, X. (2007). Understanding and mitigating uncertainty in online exchange relationships: A principal-agent perspective. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 31(1), 105–135. <https://doi.org/10.2307/25148783>
- Perea y Monsuwé, T., Dellaert, B. G. C., & de Ruyter, K. (2004). What drives consumers to shop online? A literature review. *International Journal of Service Industry Management*, 15(1), 102–121. <https://doi.org/10.1108/09564230410523358>
- Pikkarainen, T., Pikkarainen, K., Karjaluoto, H., & Pahnla, S. (2004). Consumer acceptance of online banking: an extension of the technology acceptance model. *Internet Research*, 14(3), 224–235. <https://doi.org/10.1108/10662240410542652>

- Ramos de Luna, I., Liébana-Cabanillas, F., Sánchez-Fernández, J., & Muñoz-Leiva, F. (2019). Mobile payment is not all the same: The adoption of mobile payment systems depending on the technology applied. *Technological Forecasting and Social Change*, 146(October 2017), 931–944. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.018>
- Rehman, S. U., Bhatti, A., Mohamed, R., & Ayoup, H. (2019). The moderating role of trust and commitment between consumer purchase intention and online shopping behavior in the context of Pakistan. *Journal of Global Entrepreneurship Research*, 9(1), 1–25. <https://doi.org/10.1186/s40497-019-0166-2>
- Ruiz Vega, A. V., Izquierdo Yusta, A., & Calderón Monge, M. E. (2007). Actitudes hacia internet, riesgo percibido y confianza: su influencia sobre la compra de pernoctaciones hoteleras. En J. C. Ayala Calvo (Ed.), *Conocimiento, Innovación y Emprendedores: Camino al Futuro* (pp. 2323–2336). Servicio de Publicaciones de la Universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2233177>
- Sánchez Franco, M. J., Rondán Cataluña, F. J., & Villarejo Ramos, Á. F. (2007). Un modelo empírico de adaptación y uso de la Web. Utilidad, facilidad de uso y flujo percibidos. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 10(30), 153–179. [https://doi.org/10.1016/s1138-5758\(07\)70077-4](https://doi.org/10.1016/s1138-5758(07)70077-4)
- Sepasgozar, S. M. E., Hawken, S., Sargolzaei, S., & Foroozanfa, M. (2019). Implementing citizen centric technology in developing smart cities: A model for predicting the acceptance of urban technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 142(December 2017), 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.012>
- Shin, D. H. (2008a). Applying the Technology Acceptance Model and Flow Theory to cyworld user behavior. *CyberPsychology & Behavior*, 11(3), 12–20. <https://doi.org/10.1089/cpb.2007.0117>
- Shin, D. H. (2008b). Understanding purchasing behaviors in a virtual economy: Consumer behavior involving virtual currency in Web 2.0 communities. *Interacting with Computers*, 20(4–5), 433–446. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2008.04.001>
- Statista. (2021). *E-commerce worldwide - Statistics & Facts* | Statista. E-commerce worldwide - Statistics & Facts. <https://doi.org/https://www.statista.com/statistics/325384/online-shopping-order-values-traffic-source/>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics*. Pearson Education. <https://books.google.com.mx/books?id=ucj1ygAACAAJ>
- Taylor, S., & Todd, P. (1995). Assessing IT usage: The role of prior experience. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 19(4), 561–568. <https://doi.org/10.2307/249633>
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of Perceived Ease of Use: Integrating Control, Intrinsic Motivation, and Emotion into the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research*, 11(4), 342–365. <https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>

- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Vijayasarathy, L. R. (2004). Predicting consumer intentions to use on-line shopping: The case for an augmented technology acceptance model. *Information and Management*, 41(6), 747–762. <https://doi.org/10.1016/j.im.2003.08.011>
- Yoo, B., & Donthu, N. (2015). Developing a Scale to Measure the Perceived Quality of an Internet Shopping Site (PQISS). En H. E. Spotts & H. L. Meadow (Eds.), *Proceedings of the 2000 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference* (pp. 471–471). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11885-7_129
- Zhang, T., Wang, W. Y. C., Cao, L., & Wang, Y. (2019). The role of virtual try-on technology in online purchase decision from consumers' aspect. *Internet Research*, 29(3), 529–551. <https://doi.org/10.1108/IntR-12-2017-0540>

Análisis de redes neuronales artificiales para el reconocimiento automático de plantas

Jorge Saa-Saltos¹, Llanos Mora-López², José del Campo-Ávila³

jsaa@uteq.edu.ec; llanos@lcc.uma.es; jcampo@lcc.uma.es

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

^{2,3} Universidad de Málaga, Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Campus de Teatinos, 29071 Málaga, Spain

Pages: 52-67

Resumen: La amplia variedad y uso de redes neuronales artificiales (ANN) resulta complejo en el campo de procesamiento de imágenes. El objetivo es determinar la ANN más empleada y el entorno de trabajo para la identificación automática de imágenes de hojas vegetales. La investigación se desarrolló en una revisión de 40 artículos. La metodología consistió en la identificación del órgano de la planta más idóneo para su reconocimiento por visión artificial, seguido del análisis de distintos modelos de redes, su arquitectura y procesamiento de imágenes. Los resultados determinan que la red neuronal convolucional (CNN) es la más utilizada entre 9 tipos de ANN, y en el procesamiento de imágenes se diferencian dos fases primordiales, pre-procesamiento y entrenamiento. En conclusión, la CNN tiene los mejores resultados por sus altos porcentajes de precisión y su implementación es cada vez mayor en el campo de la visión artificial.

Palabras-clave: Red neuronal artificial, reconocimiento automático de imagen de hojas de plantas.

Development of Programming Logic in Systems Development students

Abstract: The wide variety and use of artificial neural networks (ANN) is complex in the field of image processing. The objective is to determine the most commonly used ANN and the working environment for automatic identification of plant leaf images. The research was developed in a review of 40 articles. The methodology consisted of the identification of the most suitable plant organ for recognition by artificial vision, followed by the analysis of different network models, their architecture and image processing. The results determine that the convolutional neural network (CNN) is the most used among 9 types of ANNs, and in the image processing two main phases are differentiated, pre-processing and training. In conclusion, the CNN has the best results due to its high accuracy percentages and its implementation is increasing in the field of artificial vision.

Keywords: Artificial neural network, automatic image recognition of plant leaves.

1. Introducción

Las plantas son esenciales para la vida en la Tierra, ya que proporcionan alimento, generan oxígeno, absorben dióxido de carbono y con frecuencia poseen propiedades medicinales. Por este motivo, los botánicos estudian la salud de las plantas y se perfeccionan en identificar especies vegetales a través de las características de sus hojas (Bisen, 2021). La agricultura de precisión que incluya tecnología computacional contribuye a elevar la tasa de producción requerida y disminuir el impacto al medio ambiente (Abdullahi et al., 2017). Es de conocimiento común que una gran cantidad de información de las plantas está contenida en sus hojas, tales como textura, color y estructura morfológica diferentes que desempeñan un papel fundamental en la distinción de especies de plantas (Zhu et al., 2018). Existen muchas enfermedades que se pueden observar desde las hojas y con un pronóstico temprano se pueden reducir las pérdidas económicas (Tetila et al., 2020).

Muchos estudios de reconocimiento automático utilizan la hoja de la planta por su forma casi plana y estar disponible aproximadamente todo el año (Bambil et al., 2020; Codizar & Solano, 2016). Unos de los enfoques más comunes son el análisis de la textura (Chaki et al., 2015; Kan et al., 2017; Sulc & Matas, 2015). Así también, se puede tomar en cuenta el estudio del color y cromaticidad de las hojas (Barbedo, 2019; Condori et al., 2020; Kaur et al., 2018). La textura y forma de la hoja son características que ayudan a identificar a una especie vegetal (Anubha Pearline et al., 2019; N. Liu & Kan, 2016; Pankaja & Suma, 2019).

En este trabajo se presenta la revisión de 60 artículos publicados desde el año 2015 enfocándose a documentar las distintas ANN que han surgido por su eficacia en el procesamiento de imágenes. La red neuronal convolucional (CNN) es la más utilizada en 15 artículos y en muy baja frecuencia, menor a 6 están la red neuronal convolucional residual (DENSENET), red neuronal residual (ResNet), red de creencia profunda (DBN), red neuronal convolucional profunda (DCNN), red de pulso acoplada (PCNN), red neuronal de aprendizaje profundo (DLNN) y perceptron multicapa (MLP). Como punto de partida se emplea la investigación bibliográfica documental y el uso de palabras claves. Además, el método deductivo fue aplicado para establecer conclusiones de los trabajos analizados. Los artículos revisados fueron seleccionados de revista con alto índice de impacto. Las bases de datos científicas utilizadas son Sciencedirect, Springer, ResearchGate, Taylor & Francis, IEEE Xplore y el motor de búsquedas de Google Académico.

El artículo tiene la siguiente organización: sección 1 introducción; sección 2 preprocesamiento de imágenes; sección 3 análisis de redes neuronales artificiales para el procesamiento de imágenes de hojas de plantas; sección 4 resultados; y, sección 5 conclusiones.

2. Preprocesamiento de imágenes

Las imágenes de hojas suelen tener variaciones de intensidad de color en los píxeles, diferentes tamaño y orientación de su ángulo. El preprocesamiento consiste en convertir la imagen a formas binarias y en escala de grises con el objetivo de normalizar la escala y la orientación de la imagen antes del cálculo de las características (Chaki et al., 2015). Las características que se utilizan habitualmente para los sistemas de identificación

de plantas son la forma, textura y el color (Tan et al., 2020). Debido a la propiedad geométrica plana de la hoja es fácil recopilar, conservar y fotografiarlas (Bojamma & Shastry, 2021).

2.1. Características de la hoja:

El color es fundamental para determinar la salud vegetal o el grado de nutrición de una planta, bajo este principio funcionan algunos softwares de reconocimiento interpretando los canales de color Red, Green, Blue (RGB) y el filtro Hue, Saturation, Value (HSV) (Barbedo, 2019; Begue et al., 2017; De Luna et al., 2017). En este proceso se emplea la (Ecuación 1) de la media que es una medida estadística empleada para describir el promedio del color rojo, verde y azul. También se puede utilizar otras medidas estadísticas como son la desviación estándar, sesgo del color, y la kurtosis (Z. Wang et al., 2017).

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P(i, j) \quad (1)$$

Por la forma de la hoja se determina el tamaño y longitud de este órgano, aplicando fórmulas geométricas relativas (excentricidad, rectangularidad y circularidad) (Kan et al., 2017).

La excentricidad es la relación de la longitud máxima $H_{\max}$ y el ancho mínimo $W_{\min}$ para las hojas, es decir, la relación de largo y ancho del rectángulo delimitador mínimo (Ecuación 2).

$$Ecc = \frac{H_{\max}}{W_{\min}} \quad (2)$$

Rectangularidad es la relación entre el área de la hoja S y el área mínima del rectángulo delimitador (Ecuación 3).

$$Rec = \frac{H_{\max} \times W_{\min}}{S} \quad (3)$$

Circularidad es la razón del perímetro al cuadrado L^2 y el área S para las hojas de la planta (Ecuación 4).

$$Cir = \frac{L^2}{S} \quad (4)$$

La textura de la hoja tiene gran información que puede ser lisa, estriada, verrugosas, plisadas, estriadas o incluso cubiertas de tricomas. Interpretar esta información con algoritmos computacionales requiere elegir un método, por ejemplo, la matriz normalizada Gray Level Co-occurrence Method (GLCM) para extraer la textura (Ecuación 5). La esencia del método es construir una matriz basada en la probabilidad de ocurrencia de dos píxeles que satisfagan relaciones de desplazamiento específicas y

el valor de gris en la imagen. Es una función del ángulo y la distancia entre dos píxeles adyacentes (Kan et al., 2017).

$$P(i, j) = \frac{G(i, j)}{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} G(i, j)} \quad (5)$$

Otra característica es la estructura esquelética de nombre nervadura, de esta se extrae el área, perímetro, longitud, área convexa y solidez con el fin de diferenciar hojas similares (Bojamma & Shastri, 2021; Pushpanathan et al., 2021).

3. ANN en el procesamiento de imágenes de la hoja vegetal

3.1. Red Neuronal Artificial (ANN)

La ANN tiene su fundamento en las neuronas biológicas mediante el estudio de la estructura y proceso que sucede en el cerebro humano (Yasar et al., 2015). Una ANN puede ser considerada como un sistema computacional que imita las habilidades del sistema nervioso biológico y su configuración está asociada con métodos estadísticos como análisis de componentes principales para estandarizar los datos antes de su entrenamiento, otras trabajan de forma independiente y dependen de su propia configuración. La aplicación de la red neuronal es principalmente para el reconocimiento de patrones en problemas predicción y clasificación (Zarra et al., 2019). Por esta razón son utilizadas en muchas áreas de la ciencia para diferentes aplicaciones (Tierra, 2016). Según Baviera Puig (2017), sostiene que las máquinas no se programan para que responda de una determinada forma según las entradas recibidas, sino más bien para que extraiga patrones de comportamiento a partir de sus entradas, y en base a dicha información aprendida realiza la evaluación de nuevas entradas. La arquitectura de la ANN (Fig. 2) son de tres capas, entrada, oculta y salida (Jye et al., 2017; Tierra, 2016). Los algoritmos internos que constituyen la base de este aprendizaje tienen un fuerte componente estadístico y algebraico con la suficiente capacidad de cálculo. (Baviera Puig, 2017)

De los artículos revisados, primeramente, hacen un preprocesamiento de la imagen donde extraen las características de forma, color y textura aplicando filtros RGB y HSV con el objetivo de eliminar la sombra y ruido de la imagen para luego dividirla en los diferentes canales de color. Solo se mantiene el segundo canal (saturación) de esta forma la imagen está preparada para aplicar la ANN como clasificador. En el estudio de Begue et al. (2017) implementa un sistema de reconocimiento de plantas medicinales aplicando aprendizaje automático. Mientras que De Luna et al. (2017), propone un algoritmo que extrae información relevante relacionadas a las hojas de hierbas filipinas para poder identificarlas con ANN. Por último, Yasar et al. (2015) extrae una serie de características de forma como borde, diámetro, área para el reconocimiento automático de plantas.

3.2. Red neuronal convolucional (CNN)

La CNN es un tipo de red de alto grado de especialización y adaptación al procesamiento de una gran cantidad de imágenes que pueden aprender extrayendo características de forma independiente (Dyrmann et al., 2016; Z. Liu et al., 2019; Xin et al., 2020).

Según Kim P. (2017), describe que para entender la CNN es necesario comprender que la convolución es una operación matemática, en que una función se “aplica” a otra función, el resultado se puede entender como una “mezcla” de las dos funciones, las convoluciones son realmente buenas para detectar estructuras sencillas de una imagen, y esas sencillas funciones juntas, permiten construir funciones aún más complejas. En una red convolucional este proceso ocurre sobre una serie de muchas capas, en la que cada una de ellas realiza una convolución sobre el resultado de la capa anterior (Bodero et al., 2020). (Kim, 2017)

El costo computacional en términos de memoria también se hace presente en la CNN, un ejemplo es al realizar la segmentación y eliminación de ruido de imágenes. Favorablemente se han propuesto varias soluciones intuitivas para establecer conexiones más complicadas entre capas convolucionales, una solución es distinguir la memoria a corto y largo plazo y aplicar un denso bloque de memoria residual para aprovechar al máximo todas las capas evolutivas (S. F. Wang et al., 2020).

La (Fig. 1) es la arquitectura CNN, que incluye una imagen de entrada, CL son dos capas de agrupación convolucional, (fc) son los tamaños de los filtros convolucionales y de la operación de agrupación son 5×5 y 2×2 respectivamente, M-p L son las capas de agrupamiento máxima, FCL es una capa completamente conectada y por último la capa de salida.

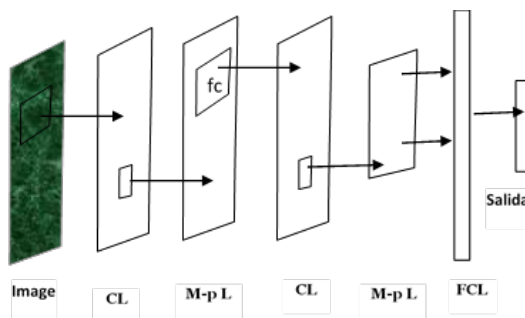


Figura 1 – Arquitectura CNN

El trabajo regular de la CNN, es recibir el valor de los píxeles sin procesar (Dyrmann et al., 2016), seguidamente viene la etapa de convolución, posteriormente, interviene la Unidad Lineal Rectificada (ReLU) permitiendo un entrenamiento rápido y eficaz al asignar los valores negativos a cero y mantener los valores positivos. También se le denomina activación, dado que solo las características activadas pasan a la siguiente capa. La fase de Pooling: simplifica la salida al disminuir la tasa de muestreo no lineal, reduciendo así el número de parámetros que la red necesita aprender. Estas operaciones se repiten en decenas o cientos de capas, de modo que cada capa aprende a identificar diferentes características (Mathworks.com, 2021).

Con respecto a la CNN, la mayoría de los trabajos comparan esta red con otras con el objetivo de aumentar la tasa de precisión en comparación con los métodos tradicionales (Anubha Pearline et al., 2019). Como ejemplo citamos tres trabajos: En Abdullahi et

al. (2017), implementa un modelo experimental orientado a la agricultura de precisión, utiliza diferentes técnicas como SVM, ANN, lógica difusa y CNN, con esta última logra el mejor resultado de 99.58% de precisión en el reconocimiento de imágenes de plantas de maíz. La investigación de Tan et al. (2020), propuso un nuevo método basado en CNN llamado D-Leaf con precisión del 94.88% en identificación de especies de plantas mediante el uso de cinco técnicas de aprendizaje automático, tales como SVM, ANN, KNN, NB y CNN. En otro trabajo se implementa un sistema de identificación de 15 clases de árboles a través de su hoja que alcanza un 97% de precisión con CNN (Bisen, 2021).

3.3. Red Neuronal Convolucional Residual (DENSENET)

El creciente uso de la visión artificial se impone retos en procesar imágenes de gran tamaño de megapíxeles, por ejemplo paisajes urbanos que tienen gran información semántica se ve obstaculizada por las estrictas limitaciones de memoria de las GPU contemporáneas (Kreso et al., 2021). Una alternativa es utilizar Densenet que pertenece a las redes convolucional residual (Kreso et al., 2021; Zhang et al., 2019), lo que se agrega son puntos de control con el fin de reducir el consumo de memoria.

Estos algoritmos emplean condensadas capas concatenadas fáciles de entrenar y altamente eficientes, estos modelos se utilizan como entradas en todas las capas posteriores, lo que aumenta la variación y mejora la eficiencia (Huang et al., 2017). Además, transforman toda una red en una gran conjunto de redes menos profundas, lo que produce actuaciones competitivas en diversos entrenamientos (Dolz et al., 2019).

Existen varios trabajos que presentan el esquema de optimizar la convolución entre capas, por ejemplo, Kreso et al. (2021) al entrenar una Desenet obtiene un mejor rendimiento al procesar imágenes de mayor resolución con media de megapíxeles en hardware básico. En otro ensayo se clasifica imágenes naturales con abundante información semántica en una HyperDenseNet que amplía la definición de conectividad densa a problemas de segmentación multimodal (Dolz et al., 2019). Por último, en otro experimentos se obtiene resultados más precisos con la reutilización de funciones en la capa oculta de la red, lo que la hace más compacta y precisa (Huang et al., 2017).

3.4. Perceptrón multicapa (MLP)

Es una red neuronal de retroalimentación en capas en la que la información fluye unidireccionalmente desde la capa de entrada a la capa de salida, pasando a través de las capas ocultas. Cada conexión entre neuronas tiene su propio peso y los perceptrones de la misma capa tienen la misma función de activación. Los pesos se pueden corregir propagando los errores de una capa a otra, comenzando con la capa de salida y trabajando hacia atrás que es una generalización de la regla de la mínima media al cuadrado, de ahí el nombre propagación hacia atrás. Finalmente la capa de salida puede ser una función sigmoidea o lineal (Taud & Mas, 2010).

De los trabajos revisados se encuentra el modelo de Chaki et al. (2015) quien propone el reconocimiento de hojas de plantas usando características de textura y forma con clasificadores neuronales NFC y MLP. La textura de la hoja se modela usando el FG y GLCM mientras que la forma de la hoja se captura utilizando un conjunto de coeficientes

de transformación de Curvelet junto con momentos invariantes. La precisión general en la clasificación de hojas es 81,6% para NFC y 87,1% para MLP al utilizar los datos de textura. En Barbedo (2019) realiza una revisión de artículos sobre detección de deficiencias nutricionales en plantas mediante imágenes proximales y aprendizaje automático. Concluye que para estos trabajos MLP es el tipo más común, siendo un algoritmo de fácil implementación y que aporta beneficios a la comunidad científica. Por último, en otro ensayo se presenta un modelo basado en la extracción de características de textura y color de imágenes de hojas de plantas, se prueban cinco clasificadores de aprendizaje automático, de los resultados experimentales MLP obtuvo los mejores resultados (Pacífico et al., 2019).

3.5. Red neuronal pulso acoplada (PCNN)

Las propiedades del modelo de PCNN permiten a cada neurona corresponder con un pixel de la imagen y relacionar su nivel de gris con el de sus vecinos, de modo que al iterar la Red Neuronal el tiempo de activación de cada neurona se registra en una matriz. Esta información puede ser utilizada para la detección de los pixeles con ruido y la aplicación de una técnica selectiva de filtrado de ruido gaussiano (Rangel et al., 2016). Este proceso se debe complementar con otra ANN para el reconocimiento de patrones y el aprendizaje automático, por ejemplo utilizar SVM (Z. Wang et al., 2016).

En Jia et al. (2020) ensaya un modelo combinado del algoritmo de Optimización Harris Hawks (HHO) y PCNN reduciendo los parámetros de configuración, el cambio no incidió en el efecto de segmentación y la búsqueda fue rápida y precisa, también el modelo demostró superioridad de rendimiento comparados con WOA-PCNN, SCA-PCNN, SSA-PCNN, PSO-PCNN, GWO-PCNN y MVO-PCNN. (Jia et al., 2020)

3.6. Red neuronal residual (ResNet)

Son redes que aplican un mapeo residual y conexiones de atajos entre las capas ocultas, se va normalizando por lotes y no recurre a la linealidad entre capas, esto supone mejores resultados en comparación con redes muy profundas y planas (Hanif & Bilal, 2020). En una ResNet general existe una función $F(x)$ que se calcula y se suma la entrada de la capa anterior X . El salto elimina las complicaciones de la red, haciéndola más simple, usando muy pocas capas durante la etapa de entrenamiento inicial, en si estas unidades aprenden lo necesario en la tarea asignada (He et al., 2016).

De la literatura revisada encontramos a Hanif & Bilal. (2020) que propone una nueva ResNet para la clasificación de imágenes, llamada red residual competitiva (CoRN). La red está compuesta por unidades residuales que tienen dos bloques idénticos, cada uno de los cuales contiene filtros convolucionales, normalización por lotes y una unidad maxout, esta unidad permite la competencia entre los filtros convolucionales y reduce la dimensionalidad de la capa convolucional. La propuesta supera a la red residual original. En He et al. (2016) evalúa redes residuales con una profundidad de hasta 152 capas convolucionales, en la clasificación de distintos conjuntos de datos de imágenes. En lugar de aprender funciones no referenciadas, utiliza los residuos de las funciones que son más fáciles de optimizar y pueden obtener precisión de profundidad considerablemente.

4. Resultados

Los resultados de la investigación son:

- Estadísticas de ANN aplicada al reconocimiento automático de plantas.
- Resumen de preprocesamiento que incluye características de la hoja y filtro utilizado.
- Diagrama de procesos genéricos de la ANN en el reconocimiento de la hoja vegetal.

En la Tabla 1, se puede observar un total de 40 artículos que corresponden al año 2015 en adelante que utiliza algún tipo de ANN para el reconocimiento o clasificación de imágenes de hojas de especies vegetales.

Como primeros resultados se encuentran 9 diferentes tipos de ANN, las misma que se realiza un agrupamiento en Machine Learning y Deep Learning (García et al., 2021; Lozano et al., 2019). Del análisis realizado se coincide con (Begue et al., 2017; Cervantes et al., 2017; Jye et al., 2017) en que las ANN y MLP corresponde al aprendizaje automático, en el cual el proceso de extracción de características se hace a través de enfoques tradicionales como Scale Invariant Feature Transform (SIFT), filtros GLCM, histogramas, técnicas basadas en áreas (ABT), algoritmos basados en colores y formas para modelar características de color y textura. Otra precisión en aprendizaje automático es que los datos deben de estar bien ordenados, etiquetados y estructurados (Roldán et al., 2019). La eliminación de ruido en las imágenes se hace con éxito, pero con una dificultad para reducir la sobrecarga computacional hasta llegar a un buen rendimiento de eliminación de ruido (S. F. Wang et al., 2020), y por último en este tipo de redes el manejo de imágenes es inferior a las redes de aprendizaje profundo.

ANN	Tipo de aprendizaje	ART
ANN	ML	6
CNN	DL	15
DBN	DL	2
DCNN	DL	2
DENSENET	DL	4
DLNN	DL	1
MLP	ML	5
RESNET	DL	3
PCNN	DL	2
Total		40

* ML: Machine Learning y DL: Deep Learning

Tabla 1 – ANN y sus variantes encontradas

Las ANN catalogadas de aprendizaje profundo son CNN, DBN, DCNN, DENSENET, DLNN, RESNET y PCNN, clasificación que concuerda con (Bojamma & Shastry, 2021; Hanif & Bilal, 2020; He et al., 2016; Huang et al., 2017; Z. Liu et al., 2019). Las redes

de aprendizaje profundo pueden aprender con datos sin estructurar, por ejemplo, un algoritmo podría trabajar con varios tipos de archivos a la vez. En su etapa de entrenamiento pueden manejar grandes volúmenes de datos lo que permite aplicar la jerarquía de conceptos para que la computadora aprenda conceptos complicados, construyéndolos a partir de otros más simples; cuando la computadora reúne conocimientos de la experiencia, no es necesario que un operador humano especifique formalmente todos los conocimientos que necesita el ordenador (Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, 2016).

También se puede observar en la Tabla 1 que CNN es la más utilizada. Esto se atribuye que para la clasificación de imágenes de hojas vegetales necesariamente no necesita un proceso de extracción de características a través de enfoques tradicionales como Scale Invariant Feature Transform (SIFT), GLCM y otros, sólo recibe como datos de entrada el valor de los píxeles sin procesar, en lugar de descriptores de funciones como lo hacen las ANN tradicionales que clasifican basadas en formas (Dyrmann et al., 2016). Se entiende que la extracción automática de características realizada por las CNN es más efectiva (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Esto se ve reforzado por el modelo combinado CNN y LSTM (memorias a corto plazo), que superó a un modelo que utilizó descriptores de características obtenidas por separado (Taghavi et al., 2018).

Características de la hoja	Filtros	No. ART
Color	HSV, GLMC	17
Forma	HU	21
Textura	FG, GLMC, LBP, DWT	22
Total		60

Tabla 2 – Preprocesamiento de imágenes

La Tabla 2 describe las características de la hoja de plantas más utilizada con sus correspondientes filtros. De la totalidad de trabajos todos convergen que la hoja es una excelente fuente de información donde se extraen el color, forma, textura y venación de este órgano de la planta, y que según la exactitud buscada se puede usar más de una o inclusive todas las características. Cuando se desea determinar la salud vegetal o el grado de nutrición de una planta se recurre al color, (Barbedo, 2019), los filtros más utilizados son GLMC que es una técnica para generar una matriz de co-ocurrencia de niveles de grises (Muneer & Fati, 2020), y HSV resuelve el problema de tono, saturación y valor del brillo en una imagen (Kan et al., 2017). Extraer características basada en la forma sirve para calcular la geometría, ángulo área, perímetro y bordes de la hoja; HU es un filtro muy utilizado para describir formas que son invariantes a la rotación, traslación y escalado (Codizar & Solano, 2016). Extraer la textura de una hoja ayuda al reconocimiento automático con exactitud de una especie vegetal (Chaki et al., 2015; Pankaja & Suma, 2019). Los filtros utilizados son GLMC, FG, DWT (discrete wavelet transform), LBP (patrón binario local); la función de DWT es analizar señales e imágenes con diferentes resoluciones para detectar puntos de cambio y discontinuidades con el objetivo de revelar patrones ocultos (Mathworks, 2021; Patil et al., 2013); FG, el propósito general es la descomposición de una imagen en múltiples escalas y orientaciones para

lograr el análisis de los patrones de texturas (Khan et al., 2016); LBP patrón binario local, consiste en utilizar el pixel central como umbral y compararlo con los vecinos, se le asigna un valor de uno, si el vecino es mayor o igual, caso contrario se le asigna un valor de cero, este operador permite modificar los tamaños del área de interés y las vecindades para el pixel de interés. (Khan et al., 2016).

Diagrama de procesos genéricos de ANN en el reconocimiento de la hoja vegetal

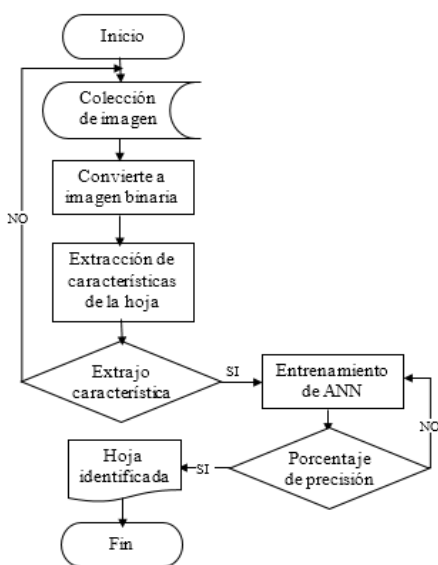


Figura 2 – Procesos genéricos en el reconocimiento automático de imágenes

Del análisis realizado se descifra una metodología de trabajo existente en el reconocimiento de especies vegetales por medio de sus hojas utilizando ANN. Describiendo la (Fig. 2), primero se debe contar con un conjunto de imágenes del mismo tamaño en píxeles, seguido hay que convertirlas en imágenes binarias, un ejemplo es usar las funciones de Toolbox de Matlab. Posteriormente se extrae las características de color, forma o textura con los filtros descritos en la Tabla 2. El algoritmo realiza una validación si las muestras son idóneas para entrenar la ANN, caso contrario estos primeros procesos se repiten hasta cumplir con lo requerido. Igualmente existe un proceso de validación en la clasificación de imágenes si el porcentaje de precisión es muy bajo se continua el entrenamiento de la ANN hasta alcanzar porcentajes altos, en la media de los artículos superan el 95%.

5. Discusión

En este trabajo se analizó varios artículos científicos sobre el uso de ANN en el reconocimiento automático de imágenes de hojas de plantas con el fin de aportar datos actualizados para futuras investigaciones similares y que contribuyan a otras ciencias como la agricultura y botánica.

- Los resultados de esta investigación coinciden con las referencias en los siguientes temas: el estudio del preprocesamiento de imágenes de hojas de especies vegetales antes del entrenamiento de las ANN (Chaki et al., 2015; Satti et al., 2013; Thyagarajan & Kiruba Raji, 2019), también se debe analizar las ANN idóneas para el reconocimiento automático de hojas de plantas (Bojamma & Shastry, 2021; Cervantes et al., 2017; Özsert Yiğit & Özyildirim, 2018), representar en un diagrama los procesos genéricos en el reconocimiento automático de imágenes (Azlah et al., 2019; De Luna et al., 2017).
- Se coincide con otros investigadores que, para tener un alto porcentaje de precisión en el reconocimiento automático de la hoja vegetal, hay que incluir todas las características de este órgano como el color, forma, textura y venación (N. Liu & Kan, 2016; Pankaja & Suma, 2019; Wäldchen & Mäder, 2018).
- Se concuerda con (S. F. Wang et al., 2020), donde las redes que pertenecen al aprendizaje automático como es el caso de MLP, sus procesos de binarización, extracción de características y clasificación se hacen con éxito, pero con una dificultad para reducir la sobrecarga computacional. Las CNN, DBN, DCNN, DENSENET, DLNN, RESNET y PCNN en esta investigación se las cataloga de aprendizaje profundo porque proporciona alta precisión, superando las técnicas de procesamiento de imágenes de uso común existentes, diagnóstico que coincide con (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018).

6. Conclusiones

En la revisión de los artículos, se pudo observar que las redes neuronales convolucionales tiene los mejores resultados y cada vez es mayor su implementación este tipo de proyectos, convirtiéndose en una excelente herramienta para investigadores interesados en el reconocimiento de plantas con fines medicinales, ornamental o agroalimentario. Una desventaja sería que el entrenamiento es demasiado costoso computacionalmente y se requiere una gran cantidad de datos para hacerlo.

Se concluyó que la hoja es el mejor órgano de la planta para su reconocimiento. Debido a su propiedad geométrica y plana resulta fácil recopilar, conservar y fotografiarlas. Además, la hoja a diferencia de flores y frutos que también son elementos distinguibles, estos tienen las desventajas que no están disponible durante todo el ciclo de vida de la planta o por lo menos en un año.

La mayoría de trabajos entrenan las ANN con imágenes de conjuntos de datos establecidos como es FLAVIA y otros. Por tal razón, se deben realizar más investigaciones para mejorar las técnicas existentes en el procesamiento de imágenes con diversas condiciones de iluminación, textura y fondos complejos.

7. Agradecimiento

El autor agradece a la Universidad de Málaga por admitir los estudios Doctorales de Tecnología Informática. También a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por su constante capacitación en la investigación científica.

Referencia

- Abdullahi, H. S., Sheriff, R. E., & Mahieddine, F. (2017). *Convolution neural network in precision agriculture for plant image recognition and classification*. 1–3. <https://doi.org/10.1109/intech.2017.8102436>
- Anubha Pearline, S., Sathiesh Kumar, V., & Harini, S. (2019). A study on plant recognition using conventional image processing and deep learning approaches. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 36(3), 1997–2004. <https://doi.org/10.3233/JIFS-169911>
- Azlah, M. A. F., Chua, L. S., Rahmad, F. R., Abdullah, F. I., & Alwi, S. R. W. (2019). Review on techniques for plant leaf classification and recognition. *Computers*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/computers8040077>
- Bambil, D., Pistori, H., Bao, F., Weber, V., Alves, F. M., Gonçalves, E. G., de Alencar Figueiredo, L. F., Abreu, U. G. P., Arruda, R., & Bortolotto, I. M. (2020). Plant species identification using color learning resources, shape, texture, through machine learning and artificial neural networks. *Environment Systems and Decisions*, 40(4), 480–484. <https://doi.org/10.1007/s10669-020-09769-w>
- Barbedo, J. G. A. (2019). Detection of nutrition deficiencies in plants using proximal images and machine learning: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162(December 2018), 482–492. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.035>
- Baviera Puig, T. (2017). Técnicas para el Análisis de Sentimiento en Twitter: Aprendizaje Automático Supervisado y SentiStrength. *Dígitos: Revista de Comunicación Digital*, 1(3), 33–50. <https://doi.org/10.7203/RD.V1I3.74>
- Begue, A., Kowlessur, V., Singh, U., Mahomoodally, F., & Pudaruth, S. (2017). Automatic Recognition of Medicinal Plants using Machine Learning Techniques. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(4), 166–175. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2017.080424>
- Bisen, D. (2021). Deep convolutional neural network based plant species recognition through features of leaf. *Multimedia Tools and Applications*, 80(4), 6443–6456. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10038-w>
- Bodero, E. M., López, M. P., Congacha, A. E., Cajamarca, E. E., & Morales, C. H. (2020). Google Colaboratory como alternativa para el procesamiento de una red neuronal convolucional. *Espacios*, 41(7), 22. <https://ebiblio.cetys.mx/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=142572660&site=ehost-live>
- Bojamma, A. M., & Shastry, C. (2021). A study on the machine learning techniques for automated plant species identification: current trends and challenges. *International Journal of Information Technology (Singapore)*, 13(3), 989–995. <https://doi.org/10.1007/s41870-019-00379-7>
- Cervantes, J., Taltempa, J., García-Lamont, F., Castilla, J. S. R., Rendon, A. Y., & Jalili, L. D. (2017). Análisis Comparativo de las técnicas utilizadas en un Sistema de Reconocimiento de Hojas de Planta. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 14(1), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.09.005>

- Chaki, J., Parekh, R., & Bhattacharya, S. (2015). Plant leaf recognition using texture and shape features with neural classifiers. *Pattern Recognition Letters*, 58, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2015.02.010>
- Codizar, A. L., & Solano, G. (2016). Plant leaf recognition by venation and shape using artificial neural networks. *IISA 2016 - 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications*. <https://doi.org/10.1109/IISA.2016.7785361>
- Condorí, M., Albesa, F., Altobelli, F., Duran, G., & Sorrentino, C. (2020). Image processing for monitoring of the cured tobacco process in a bulk-curing stove. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168(November 2019), 105113. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105113>
- De Luna, R. G., Baldovino, R. G., Cotoco, E. A., De Ocampo, A. L. P., Valenzuela, I. C., Culaba, A. B., & Gokongwei, E. P. D. (2017). Identification of philippine herbal medicine plant leaf using artificial neural network. *HNICEM 2017- 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management, 2018-Janua*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2017.8269470>
- Dolz, J., Gopinath, K., Yuan, J., Lombaert, H., Desrosiers, C., & Ben Ayed, I. (2019). HyperDense-Net: A Hyper-Densely Connected CNN for Multi-Modal Image Segmentation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 38(5), 1116–1126. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2878669>
- Dyrmann, M., Karstoft, H., & Midtiby, H. S. (2016). Plant species classification using deep convolutional neural network. *Biosystems Engineering*, 151(2005), 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.08.024>
- García, P., Pérez, F., & Panezi, A. (2021). *Artificial Intelligence and the Law*. <https://elibro.net/es/ereader/uteq/181956?>
- Hanif, M. S., & Bilal, M. (2020). Competitive residual neural network for image classification. *ICT Express*, 6(1), 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2019.06.001>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 770–778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017, 2017-Janua*, 2261–2269. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and A. C. (2016). Deep learning book review. *Nature*, 29(7553), 1–73.
- Jia, H., Peng, X., Kang, L., Li, Y., Jiang, Z., & Sun, K. (2020). Pulse coupled neural network based on Harris hawks optimization algorithm for image segmentation. *Multimedia Tools and Applications*, 79(37–38), 28369–28392. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09228-3>

- Jye, K. S., Manickam, S., Malek, S., Mosleh, M., & Dhillon, S. K. (2017). Automated plant identification using artificial neural network and support vector machine. *Frontiers in Life Science*, 10(1), 98–107. <https://doi.org/10.1080/21553769.2017.1412361>
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147(February), 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kan, H. X., Jin, L., & Zhou, F. L. (2017). Classification of medicinal plant leaf image based on multi-feature extraction. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 27(3), 581–587. <https://doi.org/10.1134/S105466181703018X>
- Kaur, J., Chadha, R., Thakur, S., & Kaur, R. (2018). A review on plant disease detection using image processing. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2017*, 5(4), 103–109. <https://doi.org/10.1109/ISS1.2017.8389326>
- Khan, S., Hussain, M., Aboalsamh, H., Mathkour, H., Bebis, G., & Zakariah, M. (2016). Optimized Gabor features for mass classification in mammography. *Applied Soft Computing Journal*, 44, 267–280. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.04.012>
- Kim, P. (2017). *Convolutional Neural Network*. In: *MATLAB Deep Learning*. Apress.
- Kreso, I., Krapac, J., & Segvic, S. (2021). Efficient Ladder-Style DenseNets for Semantic Segmentation of Large Images. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(8), 4951–4961. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.2984894>
- Liu, N., & Kan, J. ming. (2016). Improved deep belief networks and multi-feature fusion for leaf identification. *Neurocomputing*, 216, 460–467. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.08.005>
- Liu, Z., Wang, J., Tian, Y., & Dai, S. (2019). Deep learning for image-based large-flowered chrysanthemum cultivar recognition. *Plant Methods*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0532-7>
- Lozano, T., Casas, J., & Bosch, A. (2019). *Deep learning: principios y fundamentos*. <https://elibro.net/es/ereader/uteq/126167?>
- Mathworks.com. (2021). *Red neuronal convolucional (CNN o ConvNet)*. <https://la.mathworks.com/discovery/convolutional-neural-network-matlab.html>
- Mathworks. (2021). *Analice y sintetice señales e imágenes con wavelets*. <https://la.mathworks.com/products/wavelet.html>
- Muneer, A., & Fati, S. M. (2020). Efficient and automated herbs classification approach based on shape and texture features using deep learning. *IEEE Access*, 8, 196747–196764. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3034033>
- Özsert Yiğit, G., & Özyildirim, B. M. (2018). Comparison of convolutional neural network models for food image classification. *Journal of Information and Telecommunication*, 2(3), 347–357. <https://doi.org/10.1080/24751839.2018.1446236>

- Pacifico, L. D. S., Britto, L. F. S., Oliveira, E. G., & Ludermit, T. (2019). Automatic classification of medicinal plant species based on color and texture features. *Proceedings - 2019 Brazilian Conference on Intelligent Systems, BRACIS 2019*, 741–746. <https://doi.org/10.1109/BRACIS.2019.00133>
- Pankaja, K., & Suma, V. (2019). Leaf recognition and classification using Chebyshev moments. In *Smart Innovation, Systems and Technologies* (Vol. 105). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1927-3_70
- Patil, S., Soma, S., & Nandyal, S. (2013). Identification of Growth Rate of Plant based on leaf features using Digital Image Processing Techniques. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: Www.Ijetae.Com ISO Certified Journal*, 3(8), 266–275.
- Pushpanathan, K., Hanafi, M., Mashohor, S., & Fazlil Ilahi, W. F. (2021). Machine learning in medicinal plants recognition: a review. *Artificial Intelligence Review*, 54(1), 305–327. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09847-0>
- Rangel, E. O., Mejía-lavalle, M., & Azuela, H. S. (2016). Uso de redes neuronales pulsantes para mejorar el filtrado de imágenes contaminadas con ruido Gaussiano Using Pulsed Neural Networks to Improve Filtering of Images Contaminated with Gaussian Noise. *Research in Computing Science*, 114(2016), 45–58.
- Roldán, B., Roshanl, R., & Sánchez, E. (2019). Detección de enfermedades en el sector agrícola utilizando Inteligencia Artificial. *Research in Computing Science*, 148(7), 419–427. <https://doi.org/10.13053/rscs-148-7-31>
- Satti, V., Satya, A., & Sharma, S. (2013). An Automatic Leaf Recognition System For Plant Identification Using Machine Vision Technology. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, 4(5), 874–879.
- Sulc, M., & Matas, J. (2015). Texture-based leaf identification. *Springer International Publishing Switzerland 2015*, 8928, 185–200. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16220-1_14
- Taghavi, S., Esmailzadeh, M., Najafi, M., Brown, T. B., & Borevitz, J. O. (2018). Deep phenotyping: Deep learning for temporal phenotype/genotype classification. *Plant Methods*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0333-4>
- Tan, J. W., Chang, S. W., Abdul-Kareem, S., Yap, H. J., & Yong, K. T. (2020). Deep Learning for Plant Species Classification Using Leaf Vein Morphometric. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 17(1), 82–90. <https://doi.org/10.1109/TCBB.2018.2848653>
- Taud, H., & Mas, J. (2010). *Multilayer Perceptron (MLP), in Geomatic Approaches for Modeling Land Change Scenarios*. 451–455. <http://www.dtrek.com/mlfn.htm>
- Tetila, E. C., Machado, B. B., Menezes, G. K., Da Silva Oliveira, A., Alvarez, M., Amorim, W. P., De Souza Belete, N. A., Da Silva, G. G., & Pistori, H. (2020). Automatic Recognition of Soybean Leaf Diseases Using UAV Images and Deep Convolutional Neural Networks. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(5), 903–907. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2019.2932385>

- Thyagarajan, K. K., & Kiruba Raji, I. (2019). A Review of Visual Descriptors and Classification Techniques Used in Leaf Species Identification. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 26(4), 933–960. <https://doi.org/10.1007/s11831-018-9266-3>
- Tierra, A. R. (2016). Prediction 3-D velocity for Ecuador by artificial neural network RBF. *IEEE Latin America Transactions*, 14(1), 386–390. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7430105>
- Wäldchen, J., & Mäder, P. (2018). Plant Species Identification Using Computer Vision Techniques: A Systematic Literature Review. In *Archives of Computational Methods in Engineering* (Vol. 25, Issue 2). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9206-z>
- Wang, S. F., Yu, W. K., & Li, Y. X. (2020). Multi-Wavelet Residual Dense Convolutional Neural Network for Image Denoising. *IEEE Access*, 8, 214413–214424. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3040542>
- Wang, Z., Li, H., Zhu, Y., & Xu, T. F. (2017). Review of Plant Identification Based on Image Processing. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 24(3), 637–654. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9181-4>
- Wang, Z., Sun, X., Zhang, Y., Ying, Z., & Ma, Y. (2016). Leaf recognition based on PCNN. *Neural Computing and Applications*, 27(4), 899–908. <https://doi.org/10.1007/s00521-015-1904-1>
- Xin, R., Zhang, J., & Shao, Y. (2020). Complex network classification with convolutional neural network. *Tsinghua Science and Technology*, 25(4), 447–457. <https://doi.org/10.26599/TST.2019.9010055>
- Yasar, A., Saritas, I., Sahman, M. A., & Dundar, A. O. (2015). Classification of Leaf Type Using Artificial Neural Networks. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 3(4), 136. <https://doi.org/10.18201/ijisae.49279>
- Zarra, T., Galang, M. G., Ballesteros, F., Belgiorno, V., & Naddeo, V. (2019). Environmental odour management by artificial neural network – A review. *Environment International*, 133(May), 105189. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105189>
- Zhang, K., Guo, Y., Wang, X., Yuan, J., & Ding, Q. (2019). Multiple feature reweight DenseNet for image classification. *IEEE Access*, 7, 9872–9880. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2890127>
- Zhu, X., Zhu, M., & Ren, H. (2018). Method of plant leaf recognition based on improved deep convolutional neural network. *Cognitive Systems Research*, 52, 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.06.008>

Modificación de la demanda cognitiva matemática basada en enseñanza gamificada con videojuegos

Jhon Holguin-Alvarez¹, Fernanda Taxa², Jenny Maria Ruiz Salazar³,
Juana Cruz-Montero⁴, Evandro Tortora⁵

jhon.holguin@uwiener.edu.pe; fefatata@hotmail.com; jruizs@unfv.edu.pe;
jcruzmo@ucv.edu.pe; evandro_tta@hotmail.com

¹ Universidad Privada Norbert Wiener, 15046, Lima, Perú.

² Pontifica Universidade Catolica de Campinas, 317, São Paulo, Brasil.

³ Universidad Nacional Federico Villarreal, 15007, Lima, Perú.

⁴ Universidad César Vallejo, 15304, Lima, Perú.

⁵ Universidade do Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 01312-000, São Paulo, Brasil.

Pages: 68-86

Resumen: El rendimiento de las matemáticas complejas se abordó desde el uso de tecnologías del ocio como recurso disruptivo en el aula virtual. El objetivo permitió modificar la demanda cognitiva en matemática, mediante el uso de videojuegos como gamificador de sesiones de aprendizaje. Participaron 250 escolares como parte de una muestra latinoamericana. Luego de seis meses de desarrollo de la investigación con el modelo experimental, concluimos en la mejora de las habilidades en los sujetos para abordar la demanda de bajo nivel y la demanda de tipo no conectiva luego de participar en clases gamificadas con modelo D-O [Dinámica-Operativa]. Los eventos produjeron mejores posibilidades de producir operaciones matemáticas basadas en el razonamiento, provocando mayor reflexión en el grupo experimental. Las evidencias necesitan profundizarse en el nivel de demanda conectiva (alto nivel) con otras muestras latinoamericanas.

Palabras-clave: Demanda Cognitiva Matemática; Educación Gamificada; Juegos Virtuales; Sesiones de Aprendizaje; Uso de Videojuegos.

Modification of mathematical cognitive demand based on gamified teaching with video games

Abstract: The performance of complex mathematics was approached from the use of leisure technologies as a disruptive resource in the virtual classroom. The objective allowed modifying the cognitive demand in mathematics, through the use of video games as a gamifier of learning sessions. 250 schoolchildren participated as part of a Latin American sample. After six months of research development with the experimental model, we concluded in the improvement of the skills in the subjects to address the low-level demand and the non-connective type demand after participating in gamified classes with the DO model [Dynamic-Operational]. The

events produced better possibilities of producing mathematical operations based on reasoning, provoking more reflection in the experimental group. The evidence needs to be deepened on the level of connective demand (high level) with other Latin American samples.

Keywords: Gamified Education; Learning Sessions; Mathematical Cognitive Demand; Use of Videogames; Virtual Games.

1. Introducción

La gamificación del aprendizaje cada vez va incrementándose en la población escolar y universitaria. En el campo de educación básica, ya se ha entendido que como procesos de gamificación el uso de tecnologías o herramientas digitales permiten la adquisición de la información con procesos motivacionales (Andriani et al., 2019; Di Giacomo et al., 2017; Holguin et al., 2020; Holguin-Alvarez et al., 2020; Huang et al., 2008; Scolari et al., 2018; Martínez et al., 2020; Martins & Giraffa, 2016; Scolari, 2016; Teixes, 2014). Estos efectos se vierten en la búsqueda de enseñanzas y aprendizajes cada vez más flexibles (Fernández-Arias et al., 2020; Kell, 2018; King & Markant, 2020; Young-Suk, 2016; Wang, 2020; Suh et al., 2018; Weidlich & Bastiens, 2019; Zumbach et al., 2019), lo cual está generando cada vez, mejor utilidad de los entornos virtuales. Es decir, se utilizan los entornos de aprendizaje formal [plataformas, páginas web, blogs,...] como espacios digitales de juego e interacción. En este sentido, los resultados de la educación basada en juegos, permiten tanto el aprendizaje cooperativo como el comportamiento prosocial y proactivo en las actividades de enseñanza.

1.1. Gamificación con videojuegos mixta (informal)

La gamificación informal con el uso de videojuegos, juegos en línea, aplicativos digitales..., busca el desarrollo de habilidades que indirectamente se encuentran desarrollan en el aprendizaje, sin que los participantes busquen un objetivo común o en particular. Aunque sus objetivos son promueven el ocio, el profesorado puede direccionar sus efectos hacia la búsqueda de la colaboración y las competencias interpersonales o unipersonales en el alumnado (Chaiyo & Nokham, 2017; Christensen et al., 2019; Gokbulut, 2020; Kalogiannakis et al., 2021; Martínez et al., 2020; Kapp et al., 2019; Toda et al., 2019a), para generar cognición cada vez más compleja. En las matemáticas, en esencial, las deficiencias que emergen entre el docente y el alumno se centran en el uso de verbalización interactiva, las preguntas y respuestas suelen codificar sesiones de aprendizaje por “*competencias*” en una educación tradicionalista, sobre todo, cuando el estudiante busca superar niveles cada vez más complejos en la educación matemática. En esta interacción se añan otros factores negativos como son la distracción, la ansiedad, el rechazo ante las tareas complejas, la falta de interactividad cara a cara, y la falta de participación colaborativa.

Los resultados de la gamificación con videojuegos ha aportado en la aminoración de estos factores, como también ha provocado la adopción de retos y desafíos a nivel de educación compleja (Gaser-Optiz & Budajová, 2016; Hervás et al., 2018; Li et al., 2013; Martynuik, 2018; Mora et al., 2017; Scolari et al., 2018; Toda et al., 2019b; Oliveira et al., 2020). De acuerdo a los otros hallazgos, este tipo de inclusión educacional ha suscitado mejores episodios de absorción informacional y la búsqueda de soluciones a problemas

específicos en investigaciones empíricas y de revisión descriptiva sobre la competencia grupal (Baldeón et al., 2020; Baydas & Cicek, 2019; Cornellá & Estebanell 2018; Holguin et al., 2020; Scolari et al., 2018; Scolari, 2016; 2013; Torres et al., 2019; Zimmerling et al. 2019). Aquí utilizamos una metodología disruptiva, la que, con uso intercalado permite la generación de sensaciones positivas hacia el rendimiento complejo en el alumnado (Andriani et al. 2018; Cruz-Pichardo & Cabero-Almenara, 2020; Dalsgaard et al., 2020; Establés et al., 2019; Kapp, 2021 ; McGonigal, 2011; Salen & Zimmerman, 2012; Scolari, 2013; Weidlich & Bastiaens, 2019; Zimmerling et al., 2019); debido a que se logran disipar la recarga cognitiva y la práctica de competencias procedimentales en el aula virtual.

Estas condiciones permiten extender los efectos educativos a una población más extensa, más masificadora (Christensen et al., 2020; Gokbulut, 2020; Loganathan et al., 2019; Wang, 2020). A su vez, es importante entender que los procesos de gamificación con videojuegos son influyentes en el incremento del razonamiento matemático (Kalogiannakis et al., 2017; Meloni et al., 2017; Fanari et al., 2017) y en la creación de diversas soluciones a los problemas planteados.

1.2. Demanda cognitiva en matemática

Las tareas complejas o tareas con determinada demanda cognitiva son aquellas que producen en el alumnado dificultad para procesar la información cognitiva y demandan mayor interacción de tipo docente-estudiante (Caviedes-Barrera et al., 2019; Stein et al., 2009). En algunos casos, el enlace entre el conocimiento previo y la información nueva generan baja disposición en el uso de operaciones cognitivas fluidas y flexibles (Baldeón et al., 2020; Canet-Juric et al., 2016; Ni et al., 2014; Ni et al., 2018; Suh & Seshaiyer, 2015). En este sentido, ya hemos identificado que los problemas más comunes para abordar la demanda cognitiva en matemática se centran en (Mwadzaangati, 2019; Ni et al., 2014; Ni et al., 2018; Stein et al., 2009): (a) búsqueda activa de soluciones matemáticas, (b) uso de información inferencial, (c) fluidez para reflexionar metacognitivamente y de forma constante.

Estas dificultades ya se han determinado por otros estudios que revelan que el problema para realizar enlaces cognitivos en tareas complejas son: (a) falta de reflexividad sobre las soluciones planteadas, (b) recarga de la memoria operativa, (c) pocos hábitos para el análisis (Dalsgaard et al., 2020; D'Amore & Fandiño, 2013; Higgins et al., 2016; Lupiáñez & Rico, 2015; Lubis & Nasution, 2017; Rico, 2015; Wang, 2020). Muchas didácticas tradicionales o verticales estimulan aprendizajes basados en la determinación de instrucciones, fallando en la interacción lúdica. Estos problemas en ambos grupos de resultados de investigación (a, b, c...), podrían contrarrestarse al generar el uso de la creatividad matemática en el aula.

El estímulo de la creatividad y el uso de la ludificación pueden aportar en clases en que la interacción verbal suele ser escasa. Los estudios del aprendizaje matemático con análisis semiótico (D'Amore et al., 2015; Fanari et al., 2017; Glaser-Opitz & Budajová, 2016; Meloni et al., 2017; Radford, 2006), han reportado que la conciencia de la información numérica por parte de los estudiantes es más positiva cuando se acompañan de procesos lingüísticos para transformar cantidades con este tipo de andamiajes. Una caracterización eficaz de las cantidades numéricas en la etapa primaria puede ejercer mejor apoyo en el

desarrollo del aprendizaje complejo superior. Las didácticas gamificadas suelen permitir la fluidez para operar, cuando los docentes plantean instrucciones interrogativas constantes (Calsa y Furtuoso, 2015; Gallardo et al., 2017; Gusmão, 2016; Mattera & Morris, 2017; Sáenz-Ludlow, 2016a), instrucciones metacognitivas acompañadas de juegos múltiples (Martins & Giraffa, 2016; Rojas, 2014; Sáenz-Ludlow, 2016b; Scolari, 2016; Tafarelo & Bonano, 2016).

El objetivo es plantear la modificación de la demanda cognitiva en matemática con el uso de videojuegos como gamificadores informales. Estas herramientas fueron añadidas a las sesiones de enseñanza y aprendizaje durante la etapa inicial de educación matemática escolar durante el contexto pandémico 2021.

2. Método

La investigación se diseñó de forma experimental, con dos evaluaciones (pre y posprueba). Bajo esta concepción se buscó explicar los efectos del tipo de gamificación informal utilizando videojuegos sobre la demanda cognitiva matemática, evaluando su adaptabilidad al rigor de dicha demanda. La muestra se conformó por 250 alumnos de primer y segundo grado de primaria ($X = 6.7$ años; $DE = 0.65$). También se distribuyó el conjunto de alumnos de forma equitativa ($GE_{(n)} = 125$; $GC_{(n)} = 125$), en cuanto al género, prevaleció el género femenino (65 %). Se incluyeron niños de tres distritos latinoamericanos: SJL, Independencia y Comas. Planteamos como criterios de elegibilidad tres características originarias de los alumnos: (a) Nivel de asistencia a clases, (b) Nivel de pobreza social y económica [ratio escolar vs. ratio municipal], (d) Nivel de utilidad de recursos digitales, (e) Estudiantes con media cercana a 14.45 (puntuación global estándar de los estudiantes a mediados del año 2021). Todos participaron bajo la aceptación de los padres de familia, mediante la firma del consentimiento informado [documento de registro de investigación].

2.1. Materiales y procedimiento

Aplicamos el instrumento Prueba de pre-cálculo (Milicic & Schmidt) y el instrumento EIS de evaluación diagnóstica de Holguin et al. (2020). Se consideraron estas evaluaciones con la finalidad de estandarizar los niveles de complejidad de los ejercicios matemáticos para el rango etario y dominio de la lengua de los estudiantes considerados en el estudio. Se adaptaron ambos instrumentos, utilizándolos para elaborar la Prueba de Ritmos Adaptativos de la Matemática (PRAM). Se extrajeron un total de 40 preguntas de ambos instrumentos los cuales fueron incluidos en PRAM, con este proceso evaluamos tres tipos de demanda cognitiva: (a) Baja demanda (imitación, reproducción), (b) Demanda no conectiva (clasificación, cálculo guiado), (c) Demanda conectiva (cálculo no guiado, operación, propuesta).

Los ritmos adaptativos o niveles de adaptación se evaluaron de acuerdo a una cantidad de problemas agrupados en cada indicador de la demanda cognitiva matemática: Imitación = 5 problemas, reproducción = 5, clasificación = 5, cálculo guiado = 10, cálculo no guiado = 5, operación = 5, propuesta = 5. El promedio del ritmo adaptativo fue del

25% propuestos como de bajo nivel, otro 50% en nivel moderado; y el 25% restante completaron el nivel alto. Se utilizó una evaluación ordinal de cada problema u operación de acuerdo a la calificación individual: 1 = acierto/desacierto/desconocimiento; 2 = acierto seguro / 3 = acierto explicativo. La tabla 1 permite reconocer la coherencia interna del instrumento, mediante un análisis de correlación test-subtest por cada momento de evaluación (pretest / postest).

Componente	Ritmo adaptativo (desempeño)	Fiabilidad (α)	Correlación: TCD	
<i>TCD</i> ¹		.963	<i>Pretest</i>	<i>Postest</i>
<i>Baja demanda</i>	<i>Imitación</i>	.859	,872 *	,890 *
	<i>Reproducción</i>	.930	,917 *	,898 *
<i>Demanda no conectiva</i>	<i>Clasificación</i>	.881	,893 **	,863 **
	<i>Cálculo guiado</i>	.950	,906 *	,972 **
<i>Demanda conectiva</i>	<i>Cálculo no guiado</i>	.961	,899 *	,871 *
	<i>Operación</i>	.898	,801 **	,834 **
	<i>Propuesta</i>	.911	,940 *	,901 *

¹TDC (Total de demanda cognitiva); * $p < .001$; ** $p < .005$.

Tabla 1 – Datos de fiabilidad y correlaciones test-subtest resultantes del pilotaje

Respecto al tratamiento experimental, programamos 70 sesiones de aprendizaje durante seis meses del año lectivo. Las sesiones duraron entre 15 y 20 minutos, con el fin de evitar variables emergentes como la desmotivación y a la participación por recompensas. Las fases pedagógicas de cada sesión fueron: (a) Dinámica (8-10 minutos) (b) Operativa (8-10 minutos). La primera fase se orientó al uso de los videojuegos, y la fase operativa permitió establecer la ejercitación de operaciones de cálculo, clasificación y numeración.

La figura 1 refleja los videojuegos utilizados como actividad motivacional en la clase (a), como dinámica de inicio (b), luego de una fase operacional (c), y la participación en el hogar luego de la resolución de problemas (d). Es importante mencionar que se permitieron las fases a y b (fases del programa) al llegar al 50% de ejecución del programa para hacer variaciones respecto a la exigencia operacional que los sujetos debían conseguir. Es decir, se implicó mayor complejidad de la demanda cognitiva en la fase operacional (fase b), entonces se esperó hasta la sesión número 30 o 35 para comenzar cada actividad con ejercicios cada vez más complejos al iniciar las clases y al finalizarlas. Esta parte permitió disipar el ritmo y complejidad de cada clase. Finalmente, en las últimas 10 sesiones, los alumnos sólo desarrollaron problemas con mayor complejidad a diferencia del inicio. Una vez culminada la ejecución del programa se aplicó el instrumento de investigación luego de tres días. En el grupo control, los docentes a cargo utilizaron plataformas como *Kahoot!*, y *Mentimeter*.

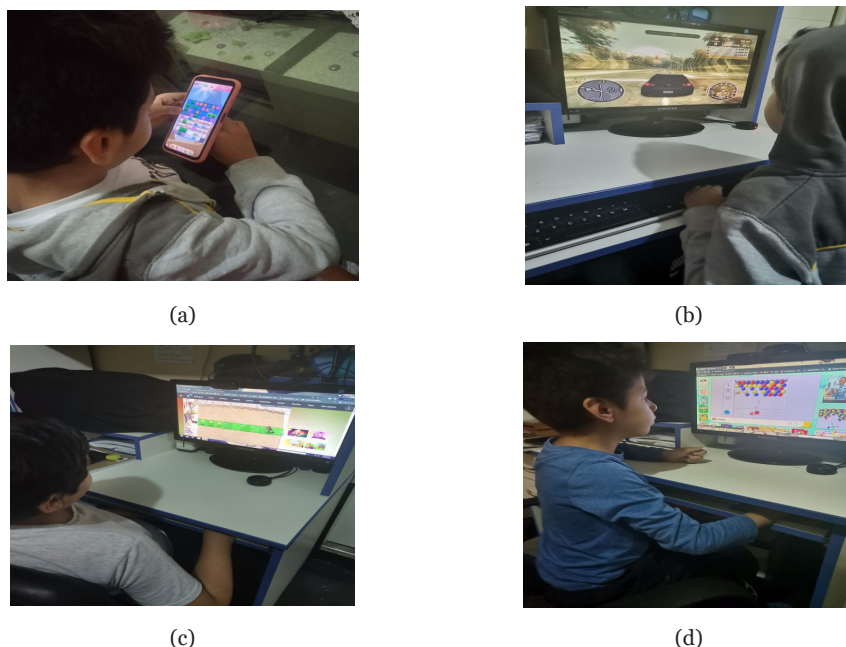


Figura 1 – Participación con videojuegos: (a) Candy Crush, (b) Need for Speed, (c) Plants & Zombies, (d) Buble Shooter.

3. Resultados

A nivel inferencial, se encontraron diferencias entre las puntuaciones obtenidos en la demanda cognitiva de ambos grupos de comparación ($M_{(EG)} = 231,20$; $SD = 12,42$; $M_{(CG)} = 243,48$; $SD = 13,50$), las cuales fueron no significativas ($t_{(149)} = 0,999$; $dif. = 3,283$; $p > .01$), lo cual se expresa en la figura 2.

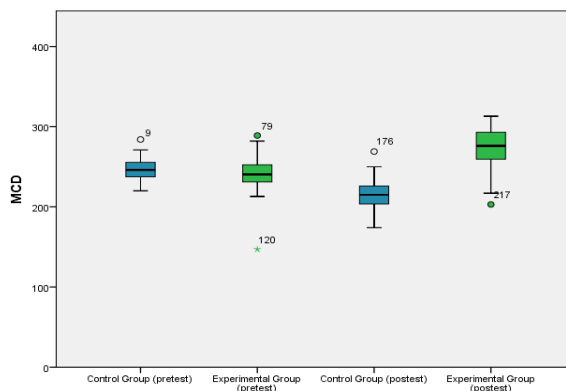
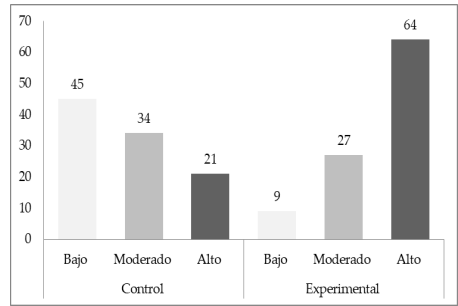


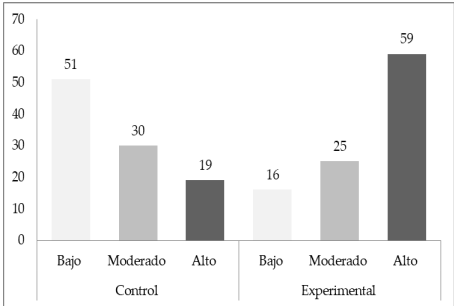
Figura 2 – Medidas pretest y posttest en la adaptabilidad en la demanda cognitiva matemática de acuerdo al grupo de comparación. *Nota.* MCD(Demanda cognitiva matemática).

La comparación de las medidas posttest presentaron diferencias favorables al grupo experimental ($M_{(EG)} = 265,11$; $SD = 18,50$; $M_{(CG)} = 205,22$; $SD = 16,23$), las cuales se determinaron como significativas ($t_{(221)} = -18,631$; $\text{dif.} = -59,89$; $p < .01$). En el análisis del progreso por dimensiones, se encontraron diferencias escasas entre las puntuaciones correspondientes al nivel de baja demanda cognitiva ($M_{(EG)} = 44,18$; $SD = 7,64$; $M_{(CG)} = 44,72$; $SD = 6,60$), las cuales no fueron considerables a nivel estadístico ($t_{(129)} = 0,382$; $\text{dif.} = 0,533$; $p > .01$). Las diferencias a posteriori si presentaron diferencias favorables al grupo experimental ($M_{(EG)} = 72,91$; $SD = 15,30$; $M_{(CG)} = 45,01$; $SD = 6,90$), cuyos índices de probabilidad si fueron significativos al 1 % de probabilidad de error ($t_{(244)} = -12,88$; $\text{dif.} = -27,9$; $p < .01$).

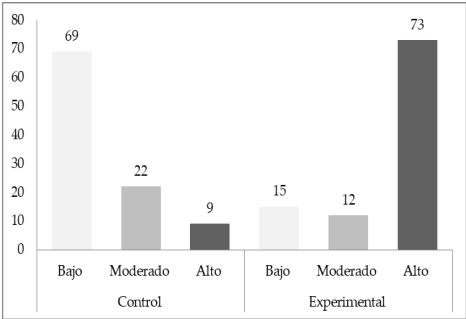
Los puntajes en la dimensión demanda no conectiva presentaron mayor nivel en el grupo control ($M_{(EG)} = 38,86$; $SD = 4,07$; $M_{(CG)} = 39,15$; $SD = 3,70$), aunque las diferencias encontradas no presentaron significancia estadística ($t_{(191)} = 0,54$; $\text{dif.} = 0,29$; $p > .01$). El grupo experimental presentó mayor puntaje promedio en la medición posttest ($M_{(EG)} = 75,51$; $SD = 12,80$; $M_{(CG)} = 50,13$; $SD = 8,40$; $t_{(243)} = -18,41$; $\text{dif.} = -25,38$; $p < .01$). En la demanda conectiva (CD), el grupo control obtuvo mayor puntaje en la medición pretest ($M_{(EG)} = 135,61$; $SD = 12,46$; $M_{(CG)} = 132,59$; $SD = 9,38$). La diferencia de promedios no fue significativa ($t_{(175)} = 0,39$; $\text{dif.} = 3,02$; $p > .01$). Al culminar la intervención del método de gamificación basado en el uso de videojuegos en el grupo experimental, se han encontrado diferencias favorables al grupo experimental, sin establecerse significación estadística ($M_{(EG)} = 130,01$; $SD = 10,03$; $M_{(CG)} = 123,50$; $SD = 15,66$; $t_{(231)} = -1,851$; $\text{dif.} = -6,51$; $p > .01$).



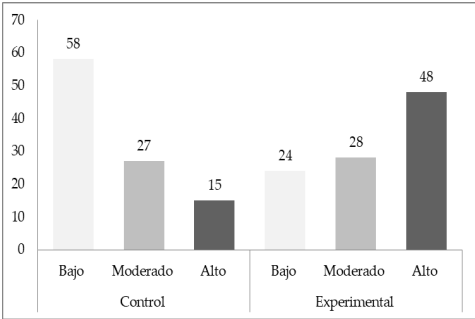
(a)



(b)



(c)



(d)

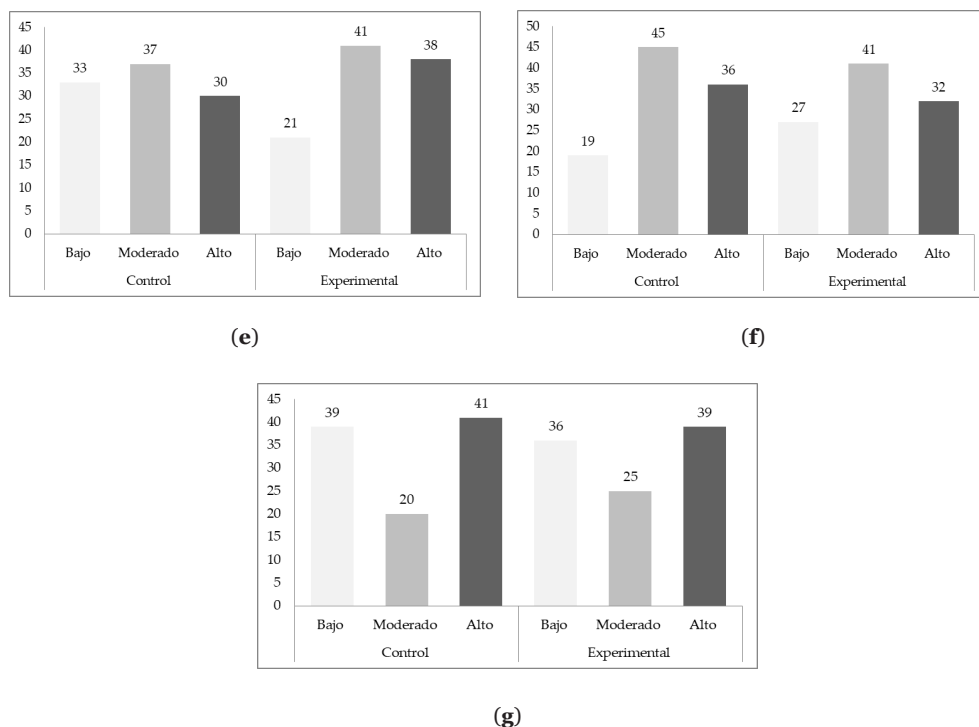


Figura 3 – Indicadores de adaptación a la demanda cognitiva de acuerdo desempeños [ritmos adaptativos] alcanzados en medición posttest. *Nota.* (a) Imitación; (b) Reproducción, (c) Clasificación; (d) Cálculo guiado, (e) Cálculo no guiado; (f) Operación; (g) Propuesta.

En favor de estos últimos resultados, analizamos los indicadores en la medición posttest con el fin de notar diferencias a nivel descriptivo (figura 3), con lo cuales logramos denotar efectos particulares en los niveles encontrados. El indicador imitación (a) refleja el incremento en el nivel alto de adaptabilidad en más del 40 % en comparación a los participantes del grupo control. Los valores en el nivel bajo de esta característica son mucho menores (más del 30 %) si se comparan los obtenidos en ambos grupos. De acuerdo al indicador reproducción (b), se puede sostener la diferencia de valores reflejados en más del 40 % de sujetos de diferencia quienes llegaron a obtener nivel alto entre ambos grupos. Aunque la diferencia no es notable en el nivel moderado, la mayor cantidad de alumnos dejaron de ubicarse en el nivel bajo del grupo experimental (35 % de diferencia). Estos indicadores reflejan el avance que ha provocado la metodología de sesiones acompañadas con videojuegos para la adaptabilidad en la demanda cognitiva. En cuanto a los indicadores de la dimensión demanda no conectiva, se ha encontrado en los valores de clasificación (c) una diferencia mayor al 60 % del total de alumnos que progresaron a diferencia de aquellos que lo hicieron en el grupo control (9 %). Por otro lado, existen diferencias de nivel bajo en más del 40 % de participantes que rindieron en el indicador calculo guiado (d).

En la dimensión demanda conectiva, los valores sobre el indicador calculo no guiado (e), se han encontrado valores relativamente similares en el progreso de alumnos que llegaron a nivel alto (36 % vs. 32 %), en tanto las diferencias en el nivel bajo fueron de 8 % en el acumulado obtenido entre ambos grupos. En el indicador operación (f), las diferencias son poco notables respecto al nivel alto (4 %), al igual que en el nivel moderado al que llegaron los estudiantes de ambos grupos. En cuenta del indicador propuesta (g), la diferencia es escasa entre los valores obtenidos en el nivel alto a donde llegaron los sujetos de los grupos comparados (2 %), siendo así que este tipo de diferencia también se nota en el bajo nivel con marcado 3 puntos porcentuales. Estos últimos valores analizados sustentan la evidencia del progreso del grupo experimental en la demanda conectiva.

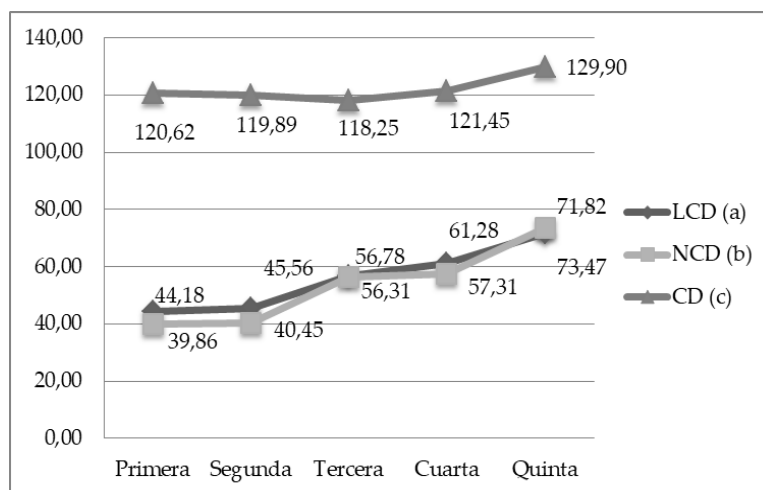


Figura 4 – Progresión por promedios de la adaptabilidad en la demanda cognitiva matemática.
Dimensiones: (a) Baja demanda, (b) Demanda no conectiva, (c) Demanda conectiva.
Nota. Medidas en razón del mes de aplicación.

Utilizamos lista de cotejo adicionales y similares al material de evaluación propuesto, con el fin de medir el progreso en cinco evaluaciones relativas a los cinco meses de aplicación del método. Estas evaluaciones permitieron aspirar el reflejo de avance longitudinal en la demanda cognitiva matemática. En LCD se observan incrementos entre la primera y tercera medición (hasta el tercer mes), haciéndose más sostenible desde la cuarta medición con más de puntos de progreso entre la cuarta y quinta semana. El incremento de mayor prevalencia aparece con más de 10 puntuaciones entre la cuarta y quinta semana. En relación a la dimensión NCD el progreso ha sido irrisorio entre la primera medición y la segunda (0.59), en cambio, entre la segunda y tercera semana se verifica un incremento mayor (15.86). Este crecimiento muestra cierta ralentización entre la tercera y cuarta semana (1). Finalmente, se esgrimieron mejoras en las últimas semanas (16.16). En relación a la dimensión CD, se han presentado pocos avances entre la tercera y cuarta semana, y avances más significativos entre la cuarta y quinta semana; lo cual se ha podido reflejar en el análisis previo sobre los avances de indicadores

más complejos que en las otras dimensiones (figura 3). Esto se deriva en razón de lo observado en la figura 4, ya que entre la primera y segunda semana el avance ha sido muy escaso (0.73). No obstante, entre la segunda y tercera (1.64), la tercera y segunda (3.2), se perciben incrementos moderados. Finalmente, los resultados entre la cuarta y quinta semana presentan mayor crecimiento en este aspecto como parte de la demanda conectiva (8.45).

4. Discusión

Los objetivos planteados permitieron analizar la manipulación de la fase pedagógica de gamificación con el cual buscar establecer efectos de gamificación informal con videojuegos en escolares de seis y siete años, lo cual se ha evidenciado en diferencias significativas positivas en líneas generales. No obstante, en la dimensión de baja demanda cognitiva, se estableció el análisis de sus ritmos adaptativos de tipo imitación y reproducción en matemáticas. Por lo que se puede aducir que las diferencias fueron las de mayor progresión respecto al grupo control al finalizar el abordaje. En este caso, los alumnos lograron reproducir operaciones directas con ejemplificaciones matemáticas que acompañaban las operaciones brindadas en el instrumento. De igual modo, lograron generar operaciones siguiendo el patrón de otras operaciones como modelo. Aquí conseguimos establecer que ante la etapa madurativa existió posibilidad de que el método gamificador de tipo D-O (Dinámica, operativa), supliera otros métodos de escolaridad tradicional.

Al respecto, a los modelos actuales de tipo D-C-E (Dinámica, Construcción, evaluación) para estimular el aprendizaje matemático suelen ser más extensos, más aún en la educación virtual, con prácticas dinámicas basadas en el uso de videos o de concursos, la construcción bajo modelos de práctica constante (planteamiento, guía y operación), y evaluación (aplicación de instrumentos breves de recojo de datos). Por cuanto, el cambio hacia la práctica más operacional y más corta con acompañantes de gamificación adicional pudo permitir que los sujetos ejercitasen más tiempo las operaciones con distractores comunes y singulares para ellos, propios de su vida cotidiana. Por esta razón, la estructura vertical de sus aprendizajes se incrementó más al obtener motivaciones paralelas para la búsqueda de soluciones, es así que se provocó mayor aprehensión de la información bajo retos planteados en clase (Andriani et al. 2018; Martynuik, 2018; Mora et al., 2017; Toda et al., 2019b; Scolari et al., 2018; Scolari, 2013). Respecto a las dimensiones demanda no conectiva y demanda conectiva, los hallazgos se han diferenciado de forma considerable. En cuanto a los valores obtenidos en la demanda no compleja (sin conectividad de información inferencial y literal), los sujetos implicados en el grupo experimental lograron clasificar objetos, cantidades y elementos de acuerdo a las situaciones que exigían mejores capacidades discriminantes y analíticas para lograr realizar un cálculo representativo. Por otro lado, las diferencias significativas halladas en el cálculo guiado, sustentan la probabilidad de que estos estudiantes fueron capaces de utilizar modelos de aprendizaje que implicó la búsqueda de premios y la cuantificación de los puntajes.

El cálculo programado resultó de la competición activa por puntuaciones dominantes, ello se comenzó a acentuar desde la mitad del programa en que se ejecutaron sesiones con acompañamiento de gamificadores informales. Lo expuesto hace conexión con lo

establecido por autores que plantean que el razonamiento se activa en proporción de las dinámicas del juego (Christensen et al., 2020; Gokbulut, 2020; Meloni et al., 2017; Fanari et al., 2017), y en razón de la masificación de las motivaciones emocionales por superar a otros contrincantes (Baydas & Cicek, 2019; Baldeón et al., 2020; Cornellá & Estebanell 2018; Holguín et al., 2020a; Loganathan et al., 2019). La capacidad competitiva aumentó más entre compañeros, lo que se reflejó en el manejo del propio avatar de cada videojuego. Esto nos lleva a cuestionar los efectos de la gamificación cuando se implica el aspecto de creatividad, pues en la dimensión demanda no conectiva sucedió todo lo contrario respecto a la dinamización matemática.

Las evidencias generaron beneficios en los estudiantes, pero en nuestro criterio como investigadores aún quedan dudas respecto al desarrollo de los indicadores de la demanda conectiva matemática, puesto que así como la gamificación con herramientas tecnológicas apertura sentimientos positivos hacia el aprendizaje matemático debido a la atracción hacia la superación de las competencias; también contrae otras variables que podrían generar algunos errores en el uso de sus capacidades, así como la ralentización por distracciones en lo sucesivo del desarrollo de las actividades de aprendizaje, o una exigencia mayor en el planteamiento de soluciones en estudiantes poco creativos. Dejando esto de lado, muchos estudiantes de la muestra lograron realizar cálculos sin guías matemáticas (cálculo no guiado), operaciones en la resolución de problemas, y planteamiento de operaciones. Muchos tuvieron errores en la creación de problemas y en la capacidad de proponer reflexiones sobre problemas desarrollados. Esto al parecer sitúa la investigación en otro apéndice que impide responder a la pregunta: ¿el juego amplía la capacidad motivacional del rendimiento o la capacidad creativa de las soluciones? Estas evidencias revelan que para los niños de seis a ocho años de edad aún le es difícil utilizar información relevante para generar cuestionamientos matemáticos, pero si se encuentran estructurados para resolverlos.

El seguimiento de su progreso obedeció a la influencia distractora de la fase pedagógica D (dinámica). Es decir, a la diversión como método disipador de la concentración en la operatividad matemática, podemos aseverar que el método gamificador informal provoca otro tipo de estructuración mental del estudiante. Ello se comprueba en las cuatro primeras semanas de abordaje (figura 4). Así como lo mencionan diversos autores sobre los efectos de la ludificación (Torres et al., 2019; Zimmerling et al. 2019; McGonigal, 2011; Salen & Zimmerman, 2012; Scolari, 2013; Wang, 2020; Hervás et al., 2018; Li et al., 2013; Martynuik, 2018), es importante mencionar que su utilidad también es poco sostenible al inicio de la etapa primaria. Posiblemente, se habrían generado dependencias en el grupo experimental, las cuales atañen más a procesos distractores que estimulantes de la exigencia matemática. Otra evidencia se halla en la igualdad de los puntajes del grupo control con los del grupo experimental. Es conveniente considerar que aunque el poder gamificador de los videojuegos es motivador si es interactivo (Scolari, 2016; Torres et al., 2019; Zimmerling et al. 2019; Establés et al., 2019; Kapp, 2021; McGonigal, 2011; Salen & Zimmerman, 2012), este puede volverse mecánico cuando se aplican en etapas poco maduras del desarrollo.

La contribución de la investigación se centra en aportar en el desarrollo de nuevas metodologías de tipo D-O (Dinámica, operativa), acompañadas del uso de las tecnologías de ocio como estrategias múltiples en la educación digital actual. Lo cual se determina

en poblaciones escolares que se desarrollan con actividades de tipo motivación, construcción y evaluación, lo cual provoca aprendizajes verticales, poco reflexivos y sin retroalimentación. En este caso, logramos acondicionar las estrategias personales y competitivas de los estudiantes para recrearse y utilizar su período atencional de aprendizaje en el abordaje de las matemáticas complejas. Por tal motivo, se encontró que la gamificación basada en el uso de videojuegos con niños que se encuentran en el inicio de su matemática escolar, puede generar influencias positivas para lograr analizar, reproducir, calcular, plantear soluciones con creatividad y autoevaluarse, si es que cada vez los contenidos matemáticos son más complejos. Finalmente, esta experiencia descubrió que se utilice menor tiempo para actividades mucho más extensas y tediosas, este recargará la memoria operativa en el desarrollo de las matemáticas, y como consecuencia se podría disipar alguna demostración de eventual creatividad que el alumno demuestre en situaciones cada vez más difíciles, a comparación del tiempo que el pueda utilizar para exigirse, ser creativo y motivarse por breves períodos de distracción cognitiva como se realizó en la metodología implementada.

5. Conclusiones

De acuerdo al objetivo del estudio permitió modificar los niveles de la demanda cognitiva en matemática utilizando métodos pedagógicos en clases de tipo D-O [dinámica-operación], implicando el uso de videojuegos como gamificadores informales. En principio, estos efectos permitieron comprender los niveles de baja demanda conectiva o la de tipo más básica pudo estimularse en sujetos de seis a siete años de edad, comparados con aquellos individuos que desarrollaron clases con plataformas virtuales usuales en la educación virtual. En este sentido, la aplicación de sesiones gamificadas que incluyen el uso de videojuegos pueden generar mejor aprehensión imitativa de la información matemática, mejor reproducibilidad en operaciones directas, que indican el uso de contenidos matemáticos puntuales.

En razón de la demanda no conectiva, la cual demarca el nivel moderado de demanda cognitiva en las matemáticas complejas, el uso de videojuegos ha permitido suplir los efectos poco motivacionales de una sesión de aprendizaje verticalista, en donde se aplican fases de enseñanza basadas solo en el cuestionamiento (sin interacción docente-estudiante) y fases dirigidas al aprendizaje autónomo. En este caso, los videojuegos disiparon la recarga cognitiva en los participantes, de igual modo, esto aportó en la organización y ejecución de planes grupales de resolución de problemas en los grupos de trabajo estudiantil, ya sea por competición personal o por competitividad por equipos en cada videojuego en que participaron. En razón de la demanda conectiva, se pudo esclarecer que el progreso en el grupo experimental se equiparó al del grupo control a nivel dimensional. No obstante, la mejora en los niveles de propuesta y reflexividad de evidenció en el grupo a nivel de sus indicadores, estas señales parten de las evidencias descriptivas obtenidas por nivel como también, en el análisis progresivo realizado.

Referencias

- Andriani, A.; Dewi, I.; & Sagala, P.N. (2019). Development of blended learning media using the mentimeter application to improve mathematics creative thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1188, 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1188/1/012112>
- Baldeón-de la Cruz, M.D.; Holguin-Alvarez, J.A.; & Villa-Córdova, G.M. (2020). Provocation by Challenges: Optimizing Experience of Addressing Mathematical Tasks With High Cognitive Demand. *Educare*, 24(3), 1-20. <https://doi.org/10.15359/ree.24-3.9>
- Baydas, O. & Cicek, M. (2019). The examination of the gamification process in undergraduate education: a scale development study. *Technology, Pedagogy and Education*, 8(3), 269-285. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1580609>
- Calsa, G.C. & Furtuoso, P. (2015). Estudo sobre a prática de alfabetização matemática de professoras da educação infantil, *Revista Educação e Linguagens, Campo Mourão*, 4(6), 124-141. <http://www.fecilcam.br/revista/index.php/educacaoelinguagens/article/view/804>
- Canet-Juric, L., Introzzi, I., Andrés, M. L. y Stelzer, F. (2016). The contribution of Executive Functions to Self-regulation. *Cuadernos de Neuropsicología, Panamerican Journal of Neuropsychology*, 10(2), 106-128. <http://www.cnps.cl/index.php/cnps/article/view/238/253>
- Caviedes-Barreda, S.; de Gamboa-Rojas, G. & Badillo-Jiménez, E. (2019). Mathematical connections established by pre-service teachers when solving measurement and comparison tasks of area. *Praxis*, 15(1), 69-87. <http://dx.doi.org/10.21676/23897856.2984>
- Chaiyo, Y. & Nokham, R. (2017). The effect of Kahoot, Quizizz and Google Forms on the student's perception in the classrooms response system. In *Proceedings of the International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT), Digital Economy for Sustainable Growth, Curran Associates, United States of America*, 1-4 March 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/ICDAMT.2017.7904957>
- Christensen, T.B.; Halshov, K.; & Kolkmoose, C. (2019). Chapter 1 - The properties of sticky notes for collaborative creativity: An introduction. In *Sticky Creativity*. Christensen, B. Halshov, K. & Kolkmoose, C. Elsevier Inc.: United States of America, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816566-9.00001-X>
- Cornellá, P. & Estebanell, M. (2018). GaMoodlification: Moodle at the service of the gamification of learning. *Campus Virtuales*, 78(2), 9-25. <http://www.uaajournals.com/campusvirtuales/es/component/content/article.html?id=210>
- Cruz-Pichardo, I. & Cabero-Almenara, J. (2020). Una experiencia gamificada en el aprendizaje de los triángulos en geometría: grado de aceptación de la tecnología. *Revista Prisma Social*, 30, 65-87. <https://revistaprismasocial.es/article/view/3744>

- Dalsgaard, P.; Halshov, K.; & Nylandsted, C. (2019). Chapter 7 - A study of a digital sticky note design environment. In *Sticky Creativity*. Christensen, B. Halshov, K. & Kolkmoose, C. Elsevier Inc.: United States of America, pp. 155-174. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816566-9.00007-0>
- D'Amore, B., Díaz, J. & Fandiño, M.I. (2015). *Competencias y matemática*, 3rd ed.; Magisterio, Colombia.
- D'Amore, B. & Fandiño, M.I. (2013). La didattica della didattica della matematica: esperienze personali e spunti critici di discussione e ricerca. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, 36(4), 325 – 353. <http://www.dm.unibo.it/rsddm/it/articoli/damore/807%20DAmore%20Fandino%20Pinilla.pdf>
- Di Giacomo, D.; Ranieri, J.; & Lacasa, P. (2017). Digital Learning As Enhanced Learning Processing? Cognitive Evidence for New insight of Smart Learning. *Frontiers in Psychology*, 8(1), 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01329>
- Duval, R. (2016). Un análisis cognitivo de problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. In *Comprensión y aprendizaje en matemáticas: perspectivas semióticas seleccionadas*; Duval, R. & Sáenz-Ludlow, A. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, pp. 61 – 94.
- Establés, M.J.; Guerrero-Pico, M. & Contreras-Espinosa, R.S. (2019). Gamers, writers and social media influencers: professionalisation processes among teenagers. *Revista Latina de Comunicación Social*, 74, 214-236. <http://dx.doi.org/10.4185/RLCS-2019-1328en>
- Fanari, R.; Meloni C. & Massidda, D. (2017). Early numerical competence and number line task performance in kindergarteners, In *14th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2017)*, International Association for Development of the Information Society (IADIS), University of Cagliari, Italy, Oct 18-20. <https://eric.ed.gov/?q=Learning+the+numerical+count+in+children+&pg=6&id=ED579448>
- Fernández-Arias, P.; Ordóñez-Olmedo, E.; Vergara-Rodríguez, D. & Gómez-Vallecillo, A.I. (2020). Gamification as a Technique for Acquiring Social Skills. *Revista Prisma Social*, 31, 388-409. <https://revistaprismasocial.es/article/view/3698>
- Gallardo, A.; Mejía, J.L. & Saavedra, G.A. (2017). Intertextuality about Negative Numbers in Elementary School's Children: An Historical Approach, *Educación Matemática*, 29(2), 69 – 98. <https://doi.org/10.24844/EM2902.03>
- Glaser-Opitz, H. & Budajová, K. (2016). THE MATH – open source application for easier, *Acta didactica Napocensia*, 9(1), 45 – 50. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1103424>
- Gokbulut, B. (2020). The effect of Mentimeter and Kahoot applications on university students' e-learning. *World Journal on Educational Technology*, 12(2), 107-116. <https://doi.org/10.18844/wjet.v12i2.4814>

- Gusmão, H.P. (2016). Análise das eleições e decisões dos estudantes quando enfrentam situações-problema de matemática: uma contribuição desde a didática fundamental da matemática (Tesis doctoral). Santiago de Compostela, España: Universidad de Santiago de Compostela. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/13972>
- Hervás, C.; Ballesteros, C. & Corujo, M. del C. (2018). Robotics and curriculum: experimenting with new methodological and didactic strategies for their curricular integration, In *Hispano-Ecuadorian investigative and innovative experiences*; Compte, M.; López, E.; Morales, M. & Martín. A., AFOE, Ecuador-España, pp. 73-93.
- Higgins, K.; Crawford, L.; Huscroft, J. & Horney, M. (2016). Investigating Student Use of Electronic Support Tools and Mathematical Reasoning. *Contemporary Educational Technology*, 7(1), 1-24. <https://doi.org/10.30935/cedtech/6160>
- Holguin, J.; Taxa, F.; Flores, R., & Olaya, S. (2020). Educational projects of video game gamification: development of numerical thinking and school reasoning in vulnerable contexts. *EDMETIC*, 9(1), 80-103. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v9i1.12222>
- Holguin-Alvarez, J.; Taxa, F.; Tortora, E.; Alanya-Beltran, J.; Panduro-Ramírez, J. & Soto-Hidalgo, C. (2020). Video games and Kahoot! as cognitive gamifiers in compulsory social isolation. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(5), 8615-8620. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/245952020>
- Huang, T-H.; Liu, Y-C. & Shiu, C-Y. (2008). Construction of an online learning system for decimal numbers through the use of cognitive conflict strategy. *Computers & Education*, 50(1), 61-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.03.007>
- Kapp, K.M. (2012). The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education. *Int. J. Gaming Comput. Simul.* 4, 81–83.
- Kalogiannakis, M.; Papadakis, S. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature. *Educ. Sci.* 11(1), 22, 1-36. <https://doi.org/10.3390/educsci11010022>
- Kalogiannakis, M.; Papadakis, S. (2017). Combining Mobile Technologies in Environmental Education: A Greek Case Study. *Int. J. Mob. Learn. Organ.* 11, 108–130. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJMLO.2017.084272>
- Kell, H. (2018). Noncognitive proponents' conflation of "cognitive skills" and "cognition" and its implications. *Personality and Individual Differences*, 134(1), 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2018.05.025>
- King, J. & Markant, J. (2020). Individual differences in selective attention and scanning dynamics influence children's learning from relevant non-targets in a visual search task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 193(1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104797>
- Li, Z. Z., Cheng, Y.B. & Liu, C. C. (2013). A constructionism framework for designing game-like learning systems: Its effect on different learners. *British Journal of Educational Technology*, 44(2), 208-224. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01305.x>

- Loganathan, P.; Talib, C.; Thoe, N.; Aliyu, F.; Zawadski, R. (2019). Implementing Technology Infused Gamification in Science Classroom: A Systematic Review and Suggestions for Future Research. *Learn. Sci. Math.* 14, 60–73. http://recsam.edu.my/sub_lsmjournal/images/docs/2019/2019_5_PL_6073_Final.pdf
- Lubis, A. & Nasution, A.A. (2017). How Do Higher-Education Students Use Their Initial Understanding to Deal with Contextual Logic-Based Problems in Discrete Mathematics? *International Education Studies*, 10(5), 72-86. <https://doi.org/10.5539/ies.v10n5p72>
- Lupiáñez, J.L. & Rico, L. (2015). Aprender las matemáticas escolares. *Aula: Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca*, 21, 41-60.
- Martínez, N.; Barceló-Doménech, J.; Heras, M.; Evangelio, R.; Guilabert, M.R.; Lamarca, C.; Molina, L.; Múrtula, V. & Serrano, B. (2020). The application “Mentimeter” for the creation of word clouds and the dynamization of the explanation of legal-civil concepts. *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria*, 897-905. <http://hdl.handle.net/10045/110128>
- Martins, C. & Giraffa, L.M.M. (2016). Gamificação nas práticas pedagógicas: teorias, modelo e vivências. *Nuevas ideas en informática educativa – TISE*, 11, 42-53. <http://www.tise.cl/volumen11/TISE2015/42-53.pdf>
- Martynuik, S. V. (2018). Game On!--Teaching Video Game Studies in the Arts Classroom. *Art Education*, 71(3), 14-19. <http://dx.doi.org/10.1080/00043125.2018.1436325>
- Mattera, S. & Morris, P. (2017). Counting on Early Math Skills: Preliminary Kindergarten Impacts of the Making Pre-K Count and High 5s Programs, In *MDR: Building knowledge to improve social policy*, 16 East 34th Street 19th Floor, New York, NY 10016-4326, <https://www.mdrc.org/publication/counting-early-math-skills>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How The Can Change the World*. Penguin Press, United States of America.
- Meloni, C.; Fanari, R.; Bertucci, A. & Berretti, S. (2017). Impact of Early Numeracy Training on Kindergarteners from Middle-Income Families, In *14th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2017)*, International Association for Development of the Information Society (IADIS), University of Cagliari, Italy, Oct, 18-20. <https://eric.ed.gov/?q=Learning+the+numerical+count+in+children+&pg=6&id=ED579451>
- Milicic, N. y Schmidt, S. (2002). *Precalculus Test*. Universitaria S.A, Chile.
- Mora, A.; Riera, D.; González, C. & Arnedo-Moreno, J. (2017). Gamification: A Systematic Review of Design Frameworks. *J. Comput. High. Educ.* 29, 516–548. <https://doi.org/10.1007/s12528-017-9150-4>
- Mwadzaangati, L. (2019). Comparison of geometric proof development tasks as set up in the textbook and as implemented by teachers in the classroom. *Pythagoras*, 40(1), 1-14. <https://doi.org/10.4102/pythagoras.v40i1.458>

- Ni, Y., Zhou, D., Li, X. & Li, Q. (2014). Relations of instructional tasks to teacher-student discourse in mathematics classrooms of chinese primary schools. *Cognition and Instruction*, 32(1), 2-43. <https://doi.org/10.1080/07370008.2013.857319>
- Ni, Y., Zhou, D.-H. R., Cai, J., Li, X., Li, Q. & Sun, I.X. (2018). Improving cognitive and affective learning outcomes of students through mathematics instructional tasks of high cognitive demand. *Journal of Educational Research*, 111(6), 704-719. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1402748>
- Oliveira, W.; Toda, A.; Toledo, P.; Shi, L.; Vassileva, J.; Bittencourt, I.I. & Isotani, S. (2020). Does Tailoring Gamified Educational Systems Matter? The Impact on Students' Flow Experience. In *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*, United States of America. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/63891>
- Radford, L. (2006). Introducción. Semiótica y Educación Matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, Especial – RELIME*, 7 – 22. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33509902>
- Rico, L. (2015). Matemáticas escolares y conocimiento didáctico. *Aula: Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca* 21, 21-40.
- Rojas, P.J. (2014). Articulation of mathematical knowledge: semiotic representations and senses. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
- Sáenz-Ludlow, A. (2016a). Interpretation games in the classroom: evolutionary construction of mathematical meanings. In *Understanding and learning in mathematics: selected semiotic perspectives*; Duval, R. & Sáenz-Ludlow, A. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, pp. 157 – 192.
- Sáenz-Ludlow, A. (2016b). Metaphor and number diagrams in the arithmetic activity of a group of fourth grade students. In *Understanding and learning in mathematics: selected semiotic perspectives*; Duval, R. & Sáenz-Ludlow, A. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, pp. 127-156.
- Salen, K. & Zimmerman, E. (2012). *Regras do Jogo-Fundamentos do Design do Jogos*. Blucker, United States of America.
- Scolari, C.A. (2018). Informal learning strategies. In *Adolescents, the media and collaborative cultures. Taking advantage of the transmedia skills of young people in the classroom*, Solari, C. A. Universitat Pompeu Fabra, España, pp. 83-93.
- Scolari, C. A. (2016). Transmedia literacy: informal learning strategies and media skills in the new ecology of communication. *TELOS, Cuadernos de Comunicación e Innovación*, 193, 13-23. <https://repositori.upf.edu/handle/10230/27788>
- Scolari, C.A. (2013). *Homo videoludens 2.0. De Pacman a la gamification*. Colección Transmedia XXI, Laboratori de Mitjans Interactius: Universitat de Barcelona, España.

- Stein, M. K.; Smith, M. S.; Henningsen, M. & Silver, E. (2009). *Implementing standards-based mathematics instruction: A Casebook for Professional Development*, 2nd ed., National Academy Press, United States of America.
- Suh, A.; Wagner, C.; Liu, L. (2018). Enhancing User Engagement through Gamification. *J. Comput. Inf. Syst.* 58, 204–213. doi: <https://doi.org/10.1080/08874417.2016.1229143>
- Suh, J. y Seshaiyer, P. (2015). Examining teachers’ understanding of the mathematical learning progression through vertical articulation during lesson study. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 18(3), 207–229. <http://dx.doi.org/10.1007/s10857-014-9282-7>
- Tafarelo, A. & Bonanno, A. (2016). A construção do conceito de número e suas implicações na aprendizagem das operações matemáticas, In XII Encontro Nacional de Educação Matemática, Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades, Brasil, pp. 1 – 12. http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/5122_3136_ID.pdf
- Teixes, F. (2014). *Gamification: fundamentals and applications*. UOC: España.
- Toda, A.M.; Oliveira, W.; Klock, A.C.; Palomino, P.T.; Pimenta, M.; Gasparini, I.; Shi, L.; Bittencourt, I.; Isotani, S. & Cristea, A.I. (2019a). A Taxonomy of Game Elements for Gamification in Educational Contexts: Proposal and Evaluation. In *Proceedings of the 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, IEEE, Brazil, 15–18 July. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2019.00028>
- Toda, A.M.; Palomino, P.T.; Oliveira, W.; Rodrigues, L.; Klock, A.C.T.; Gasparini, I.; Cristea, A.I. & Isotani, S. (2019b). How to Gamify Learning Systems? An Experience Report Using the Design Sprint Method and a Taxonomy for Gamification Elements in Education. *Journal of Educational Technology & Society*, 22(3), 47–60, <https://www.jstor.org/stable/26896709>
- Torres, M.; Cevallos, D.; Oliva, M. y Castaño, A.X. (2019). Aprendizajes informales, habilidades cognitivas y competencias sociales vinculadas al uso de videojuegos. *RES NON VERBA, Revista Científica*, 9(1), 19 - 35. <https://doi.org/10.21855/resnonverba.v9i1.76>
- Young-Suk, G. (2016). Direct and mediated effects of language and cognitive skills on comprehension of oral narrative texts (listening comprehension) for children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 141(81), 101–120. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.08.003>
- Wang, Y-H. (2020). Design-based research on integrating learning technology tools into higher education classes to achieve active learning. *Computers & Education*, 156, 103935. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103935>
- Weidlich, J. & Bastiens, T.J. (2019). Designing sociable online learning environments and enhancing social presence: An affordance enrichment approach. *Computers & Education*, 142, 103622. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103622>

- Zimmerling, E.; Höllig, C.E.; Sandner, P.G. & Welp, I.M. (2019). Exploring the Influence of Common Game Elements on Ideation Output and Motivation. *J. Bus. Res.* 94, 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.02.030>
- Zumbach, J.; Rammerstorfer, L.; & Deibl, I. (2019). Cognitive and metacognitive support in learning with a serious game about demographic change. *Computers in Human Behavior*, 103, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.09.026>

Estrategias para mitigar los ciberataques en los centros hospitalarios

Jessica Garizurieta Bernabe¹, Rubén Alvaro González Benítez²,
Karen Monserrat Cornelio López³

jgarizurieta@uv.mx; rugonzalez@uv.mx; karen_yayen97@hotmail.com

¹ Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

² Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

³ Universidad Veracruzana, Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n. Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

Pages: 87-101

Resumen: La presente investigación aborda cuestiones teóricas comprendidas por la conceptualización, sus fundamentos y algunos referentes de ciberseguridad; posteriormente, se presentan hallazgos de la situación actual de la infraestructura hospitalaria en México, el equipamiento que se conecta a internet, las normas y estándares bajo los cuáles se rigen y se vigila la protección y seguridad de la atención hospitalaria; y finalmente, se aplica la metodología de análisis FODA, a partir de la cual se establecen estrategias básicas para minimizar los riesgos de los ordenadores de los hospitales y reforzar la seguridad de la red hospitalaria.

Palabras-clave: Ciberseguridad; hospital; gestión de TI; Internet de las cosas; estrategias.

Strategies to mitigate cyberattacks in hospitals

Abstract: In recent years, cyber threats have increased to critical infrastructure, such as hospital organizations, whose technology is connected to the Internet of Things (IoT), which makes them prone to security threats that can affect security policies. health, public health, health services, surgical procedures, electronic records, among others. This research addresses theoretical issues understood by the conceptualization, its foundations and some references of cybersecurity; Later, findings are presented on the current situation of the hospital infrastructure in Mexico, the equipment that connects to the internet, the norms and standards under which the protection and safety of hospital care are governed and monitored; and finally, the SWOT analysis methodology is applied, from which basic strategies are established to minimize the risks of hospital computers and reinforce the security of the hospital network.

Keywords: Cybersecurity; hospital; IT management; internet of things; strategics.

1. Introducción

La cuantía de dispositivos médicos conectados en red va en acrecentamiento por la ayuda que supone para el paciente, así como una enorme cantidad de fuentes de datos, como el expediente clínico electrónico a través del cual se tiene acceso a toda la información del historial de salud que facilitan el reconocimiento y administración de pacientes en un ambiente hospitalario. A su vez la tecnología sanitaria se cataloga como infraestructura crítica porque estos dispositivos son imprescindibles para los pacientes y demandan medidas de defensa superiores para avalar su seguridad, ya que en efecto es una amenaza actual para la seguridad de los centros hospitalarios.

No existe seguridad perfecta, pero si se pueden aplicar algunos métodos para lograr que sea más eficiente: sin embargo estas recomendaciones no siempre son aplicadas ya sea por temas económicos o de personal o por desconocimiento de ellas; la seguridad en Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se ha vuelto un tema de suma importancia debido al despliegue de dispositivos, donde se ha visto comprometida por la vulnerabilidad de los puntos finales; haciéndose necesario evaluar todo el ecosistema para encontrar posibles vulnerabilidades así como revisar la metodología al momento de diseño, desarrollo e implementación donde la seguridad se dejó en un segundo plano.

Con el fin de alcanzar un grado de madurez en materia de ciberseguridad, en los centros hospitalarios públicos y privados es indispensable que se implementen estrategias que optimicen los aspectos de confidencialidad, integridad y disponibilidad (triada CID). Cabe señalar que, para erradicar el problema de ciberseguridad, se debe destacar la participación de normas y buenas prácticas para una asistencia sanitaria segura. De igual forma considerar tecnologías más actuales, como *machine learning*, *big data* y la inteligencia artificial beneficiando la seguridad y privacidad de la información del paciente.

En este sentido, la presente investigación presenta una serie de estrategias definidas a partir de la aplicación de la matriz de análisis estratégico FODA para aquellos centros hospitalarios que deseen implementar líneas de acción básicas para la prevención de ciberataques.

2. Marco teórico

Dentro del sector salud, la ciberseguridad es de vital importancia para poder salvaguardar la información de los pacientes, y la privacidad de estos, no obstante, el concepto de la ciberseguridad trae consigo una gran variedad de interpretaciones, por lo que se hace necesario analizar dichas definiciones. A continuación, se analiza el concepto de ciberseguridad, ciberataques y sus fundamentos, enfocándolo al sector hospitalario.

2.1. Ciberseguridad y ciberataques

En la actualidad encontramos que el IoT permite la interconexión de una gran variedad y cantidad de dispositivos, brindando servicios a distintos sectores, comunicando millones de datos por Internet, incrementando los riesgos potenciales y que, por tanto, conlleva a nuevos retos en el ámbito de la seguridad (Castro, A. 2017).

La seguridad es la combinación de personas, políticas, procesos y tecnologías empleadas por una empresa para proteger sus activos cibernéticos y físicos. La seguridad se optimiza a los niveles que los líderes empresariales definen, equilibrando los recursos requeridos con la usabilidad, capacidad de administración y la cantidad de compensación de riesgos. Los subconjuntos de ciberseguridad incluyen seguridad de: tecnologías de la información, tecnologías de operación e IoT (Gartner, 2020).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ([ITU], 2008), en su estándar UIT-T X.1205 menciona que:

“Ciberseguridad se le llama así al conglomerado de herramientas, políticas, conocimientos de seguridad, medidas de seguridad, normas, metodologías de administración de riesgos, actividades, cultura, prácticas idóneas, mecanismos y procesos que pueden emplearse para salvaguardar los activos de las entidades y los usuarios del ciberentorno. Los activos de la empresa y los usuarios son aquellos aparatos informáticos interconectados, los usuarios, los servicios, aplicaciones, los sistemas de comunicaciones, las comunicaciones multimedia, y el conjunto de la información transferida y/o almacenada en el ciberentorno”. (p.3).

Según Welivesecurity (2015), la Ciberseguridad puede concebirse como “la protección de activos de información, por medio del proceso de amenazas que colocan en riesgo la información que es procesada, recopilada y trasladada por los sistemas de información que se encuentran conectados” (párrafo 6).

En general, la Ciberseguridad se refiere a prever, hallar y reponerse a los daños que puedan afectar la tríada CID de la información en el ciberespacio (Leiva, 2015).

La instalación de medidas de seguridad coadyuva al cumplimiento de los estándares fundamentales de seguridad, como los criterios CID. A estos se incorpora el concepto de autenticación que permite demostrar la identidad de las entidades. (ITU, 2007).

Cisco (2020) enfatiza en relación con la tríada CID, que la confidencialidad certifica la privacidad de los datos mediante el acceso cifrado de autenticación; la integridad supervisa que la información sea precisa y honesta y la disponibilidad valida que la información se encuentre disponible a los usuarios autorizados.

De acuerdo la Asociación de Profesionales de Informática Sanitaria de Andalucía ([APISA], 2018), aplicados a la seguridad en IoT se considera que: a) es complicado garantizar la confidencialidad dado que, los dispositivos que recopilan datos están divididos y gestionados en ambientes que regularmente no supervisan el personal encargado de TI o de seguridad, por ejemplo en wearables (tecnologías vestibles), telemedicina, entre otros; b) la integridad es un objetivo fundamental dado que, con base en los datos recopilados a través de IoT se toman decisiones que pueden implicar la vida de los pacientes o llevar a un uso incorrecto de dispositivos médicos; c) es transcendental la disponibilidad al cien por ciento tanto de información como de dispositivos médicos cuando sean necesarios y requeridos por personas autorizadas para una adecuada toma de decisiones.

Por otra parte, con la finalidad de aprovechar las ventajas del IoT de forma segura, y poder proponer estrategias que permitan minimizar los ciberataques, es necesario conceptualizarlo. Ciberataques, son las acciones realizadas “a través de las redes de

telecomunicaciones con el objetivo de dañar las Infraestructuras Críticas de Información, las infraestructuras de información esenciales, así como la seguridad de las personas” (Gobierno de México, 2017 p. 27).

El sector de la salud es particularmente vulnerable a los ataques puesto que la naturaleza del trabajo lo concibe extremadamente sensible a cualquier interrupción en sus servicios. Una demora en las operaciones hospitalarias puede asumir consecuencias catastróficas para la seguridad del paciente.

Además de estos efectos en la prestación de servicios de salud, la violación y divulgación de información de salud sensible puede tener efectos perjudiciales en la vida social y profesional de un individuo, así como exhibir al paciente a los riesgos de coacción. De la misma forma los ciberdelincuentes pueden ejecutar una diversidad de delitos, desde robo de identidad hasta fraude médico, con la información de identificación personal de los pacientes (Argaw et. al, 2019).

En la actualidad en los centros hospitalarios se presentan numerosos incidentes de ataques de tipo no dirigido en los que podemos encontrar el *ransomware*, el ataque denegación distribuido de servicio (DDoS, por sus siglas en inglés) y *phishing*.

Pérez (2019) define los ataques de la siguiente manera:

“a) *Ransomware* impide que el usuario tenga acceso a sus archivos o software, y para liberar el acceso a estos, se exige pagar un rescate mediante algún método de pago en línea, una vez pagado el importe, el usuario recupera el acceso a su sistema; b) DDoS inunda las redes y todos sus componentes (tanto de hardware como de software) con tráfico, con la intención de agotar el ancho de banda y los recursos, de tal manera que, el sistema no pueda atender las solicitudes de servicio legítimos; c) *Phishing* es el conjunto de acciones encaminados a obtener datos confidenciales, por medio de un correo electrónico o de algún formulario en la web a fin de usurpar de una dependencia o personas legítimas”. (pp. 10-11).

Complementariamente, Orange (2019), describe

“Un DDoS satura un servidor con solicitudes demandantes hasta consumir sus medios...con la ayuda de bots y programas ejecutables, efectúan solicitudes a los servidores desde diferentes IPs para inducir el desplome de los servicios...Por lo tanto, los que saturan el servidor son ordenadores de personas que no sabe que están contribuyendo en un ataque DDoS, por lo que es más complejo localizar al legítimo atacante”. (p.32).

En cuanto a las principales vías de infección de los ciberataques anteriormente mencionados, se puede encontrar entre los vectores de infección *Phishing*: mediante correo electrónico, mediante un enlace web, mediante fichero adjunto, navegación web, ataques sin interacción del usuario y por medio de otro malware.

3. El sector hospitalario de México

En México el sector salud esta integrado por el público y privado,

“El sector público comprende a las instituciones de seguridad social [Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina (SEMAR) y otros], que prestan servicios a los trabajadores del sector formal de la economía y a las instituciones que protegen o prestan servicios la población sin seguridad social (...)El sector privado presta servicios a la población con capacidad de pago”. (Gómez, 2011 p.2).

La tecnología cumple un papel importante, ya que los diversos sistemas de información requieren una amplia infraestructura tecnológica sobre la que debe funcionar. Está infraestructura pueden clasificarse en tres grandes grupos:

1. Software, se encuentra dividido en dos fragmentos: de aplicación (sistemas definidos, como los de Salud-e) o de base, imprescindible para el funcionamiento y control de los aparatos (Sistemas operativos, gestores de bases de datos, entornos de programación y otros).
2. Hardware, definido como la unidad física que alberga el software y permite su funcionamiento. En sistemas susceptibles como los de Salud-e es primordial saber de iniciativas como las configuraciones para un alto rendimiento y una alta disponibilidad, así como la virtualización de servidores.
3. Red de comunicaciones, que radica en la colaboración de equipo de los diferentes clientes de un sistema. La forma en que una aplicación trabaja en red es uno de los componentes más significativos para restringir su configuración, empezando por la estancia de un servidor que concentra la administración de su actividad (Carnicero, 2012).

Según Rodríguez (s.f) el sector salud hace un uso significativo del internet de las cosas médicas (IoMT, por sus siglas en inglés) mediante aplicaciones y programas tales como, la Cartilla Electrónica de Vacunación y los sistemas de telemedicina. En el caso de la cartilla, se tienen datos de su implementación en más de 2 mil unidades de salud, lo que ha permitido atender a más de 584 mil menores; y en el caso de la telemedicina, implementado en al menos cuatro entidades federativas, ha permitido llevar a cabo apoyos como: segunda opinión médica, monitoreo epidemiológico, orientación a pacientes, diagnóstico y tratamiento a distancia, e incluso la capacitación al personal (Rodríguez, s.f.).

Actualmente también se puede considerar el expediente clínico electrónico el cual, representa una base de datos de la salud de un individuo y su familia, mismo que puede ser gestionado por especialistas de la salud acreditados (Secretaría de Salud, 2011).

3.1. Ciberseguridad en los hospitales

Los temas históricos de usurpación de identidad, rescate y piratería informática ocasionados al departamento sanitario exponen que los datos de atención médica son delicados debido a que son susceptibles a manipularse con malas intenciones, como la estafa, la usurpación robo de identidad, el bloqueo de la cadena de suministros, el despojo de información, la manipulación o la extorsión, alcanzando en ocasiones obstaculizar la atención al paciente.

Cada vez más, hay nuevos riesgos y diversas situaciones que proporcionan la ocurrencia de ciberataques en vista de:

- La gran parte de los hospitales y servicio de salud no dispone de personal experto en seguridad de la información.
- En su mayoría los sistemas de información se establecen en plataformas anticuadas, no están soportadas y sus sistemas operativos son vulnerables.
- Los sistemas de información están planteados para dar solución a problemas locales con un diseño e implementación poco seguro, lo que imposibilita que respondan adecuadamente a modelos integrados e hiperconectados que se demanda.
- Las vulnerabilidades de los sistemas informáticos afectan de forma directa a la asistencia sanitaria, bloqueando su funcionamiento o ralentizando hospitales completos.
- Incapacidad de la tecnología médica de estar actualizada, los equipos y los programas se quedan sin sostenimiento, o en su defecto no pueden actualizarse por inexactitud de compatibilidad con los nuevos sistemas operativos.

Esto sucede en el entorno sanitario, que es diverso e incluye organizaciones de salud muy grandes, hospitales privados, servicios diagnósticos, aseguradoras, organismos de investigación, fabricantes de dispositivos médicos y asociaciones de software en salud.

Estos deben adaptarse consecutivamente a nuevas instancias sociales, a la prohibición de los recursos disponibles para su adquisición, un marco legal complejo y con nuevas exigencias en la salvaguardia de los datos y privacidad. Forzándolos a un mayor compromiso para certificar sus sistemas de información, aparatos médicos y datos de los pacientes.

No obstante, existe una poca percepción de riesgos de los especialistas sanitarios y de los propios distribuidores de los sistemas, que consideran que las infraestructuras, los aparatos y los sistemas de información funcionan eficientemente y con pocos riesgos. Algunos incidentes actuales de amenazas, como los ataques de *ransomware* y las violaciones de la privacidad a gran progresión, han confirmado que esta conjetura de seguridad es aparente y han señalado acrecentar la formación y la concienciación sobre los beneficios de la ciberseguridad en el entorno sanitario.

La importancia de las salvaguardias en ciberseguridad para la estabilidad del sector de la salud, incluyendo la aminoración de riesgos puede economizar el dinero y preservar contra el daño a la reputación en el futuro. Sin que se conjeture una ralentización del proceso de digitalización de los hospitales. La ciberseguridad en los Sistemas Sanitarios es un componente fundamental para aseverar la asistencia que exhorta un soporte inmediato y duradero.

En lo que respecta a los aspectos técnicos, la ciberseguridad exhorta al equipo de infraestructura técnica y herramientas para la investigación de acontecimientos y su afinidad que deben examinar no solo las comunicaciones y redes sino todo tipo de instrumentos actuales en las entidades sanitarias.

Asimismo, el Sistema de Información Hospitalaria (HIS, por sus siglas en inglés) es el pilar que hace operable la transferencia de datos y que gestiona toda la información operativa de un hospital, desde los aspectos médicos (diagnóstico, tratamiento, admisiones/altas, soporte vital, etc.), hasta los legales, administrativos, financieros, etc. Por esta razón, es significativo inspeccionar que cada aplicación y cada dispositivo que se ejecuta en la red simbolizan un factible punto de acceso para un ciberataque contra la institución de salud.

Dada la naturaleza crítica de los hospitales, los ciberdelincuentes precipitadamente se han dado cuenta de que, si pueden comprometer con éxito el ambiente tecnológico del hospital manipulando ataques de *ransomware*, entonces hay una alta eventualidad de que los hospitales afectados paguen. Más allá de los programas de *ransomware*, los hospitales son una fortuna de información personal identificable (PII, por sus siglas en inglés), que inclusive incluye datos financieros, que pueden monetizarse en el mercado clandestino de la Deep Web.

Por su parte, los avances en computación en nube, IoT y los sistemas de TI digitales han socorrido notablemente a las organizaciones sanitarias a optimizar en gran magnitud la calidad del cuidado brindado a los pacientes. Los registros de salud electrónicos son la base de una red de cuidado al paciente cada vez más compleja, personalizada y eficiente, pero la posibilidad de que se origine un robo de datos confidenciales o interrupciones operativas también ha aumentado.

Al mismo tiempo con el advenimiento de IoT los ciberataques se irán incrementando cada vez más; así pues, la Agencia Europea de Seguridad de las Redes y de la Información (ENISA, por sus siglas en inglés) menciona que aumentarán los riesgos en particular en los dispositivos relacionados con el sector hospitalario y por ende provocarán que los hospitales sean aún más vulnerables a los ataques cibernéticos. Es preciso tener presente que ya se están causando ciberataques como el *ransomware* y los ataques DDoS (IT User Tech & Business, 2016).

Según un informe elaborado por Trend Micro en contribución con HITRUST (Health Information Trust Alliance) han examinado todos los elementos médicos conectados en un hospital desde bases de datos, aplicativos, servidores de administración y, por supuesto, equipamiento médico, así como la cadena de suministro con el propósito de estudiar en profundidad todos los vectores de ataque; se muestra que podría haber al menos hasta 80,000 sistemas expuestos en hospitales de todo el mundo.

Atendiendo a este análisis de ciberamenazas contra hospitales se han registrado tres grandes áreas de exposición con un alto peligro:

1. Operativa del hospital, donde se circunscribe cuadrantes de trabajo, sistemas de pago, control de edificios, sistemas de inventario, nóminas, entre otros.
2. Datos médicos y de índole propios, de los pacientes, así como los datos de los propios trabajadores y profesional médico.
3. Salud pública, que es todo lo relacionado con el equipamiento médico tanto con el diagnóstico como con el tratamiento o monitorización de estos, también con el sistema de gestión hospitalaria (Sociedad Española de Informática de Salud [SEIS], 2019).

3.2. Ciberataques al sector hospitalario

El incremento en el despliegue de IoT conlleva una explosión de las amenazas de ciberseguridad debido a la propagación de sensores y aparatos conectados a la red, haciéndola más propensa a ataques. El acceso no acreditado a estos aparatos podría tener efectos muy peligrosos: no sólo pone los datos personales a manos de los ciberdelincuentes, sino que podría afectar directamente la salud e inclusive las vidas de los pacientes (Byte TI, 2016).

IoT es sustancialmente susceptible ya que numerosos dispositivos se elaboran sin tomar en cuenta la seguridad, o bien son elaborados por empresas que no entienden las actuales exigencias de seguridad. En efecto, los sistemas IoT se han ido caracterizando como un parte endeble para la ciberseguridad en hospitales, clínicas y centros sanitarios (Alcatel-Lucent, 2019, p.4).

Ahora bien, las tecnologías de gestión, como es el caso de los Expediente Clínico Electrónico, y los sitios web para ser aprovechados por los pacientes y los prestadores del cuidado médico, se están convirtiendo velozmente en modelos de usanza en las entidades del cuidado sanitario. Estas herramientas y tecnologías simplifican el acceso y la divulgación de la información médica y ayudan a los pacientes y a sus familiares a tomar decisiones mejor informadas acerca de su salud, asimismo incluye una gran cantidad de información crítica de toda índole, desde fechas de nacimiento y números de identificación personal, hasta información sobre dictámenes y recetas médicas. En resultado, estos datos confidenciales y los sistemas en los que residen se están convirtiendo en blanco de los ciberdelincuentes. (PHILIPS, s.f).

3.3. Consecuencia de ciberataques a dispositivos médicos

En un ataque dirigido, los cibercriminales alcanzarían el acceso absoluto a la infraestructura sanitaria de una organización de salud y adulterar los resultados de los sistemas de análisis o procedimiento. En diversos casos, los médicos necesitan en mayor parte de estos sistemas, por lo que su manipulación podría derivar en recetas erróneas de un paciente (Byte TI, 2016). A continuación, se muestran diversos dispositivos médicos vulnerables a ataques.

Dispositivo médico	Ciberataque y consecuencias
<i>Imagen de resonancia magnética (MRI).</i>	Una infracción habitual de la seguridad de MRI acontece cuando un objeto metálico es atraído por el campo magnético estático. Un pirata informático puede alterar los controles de MRI, ocasionando que una persona sea golpeada, herida.
<i>Máquinas médicas de rayos X</i>	Si un pirata informático puede ampliar la exposición a la radiación, un paciente podría sobreexponerse a una cantidad de radiación que induce la destrucción permanente del cabello o las glándulas sudoríparas, o la piel con una cicatriz en efecto.
<i>Escáner de tomografía axial computarizada (TC) de rayos X</i>	Conocida como tomografía axial computarizada. Un pirata informático puede desde silenciar la alarma del escáner, hasta cambiar la información de visualización, hacer que la máquina se reinicie o asocie un archivo del paciente con la imagen de otro paciente; causando modificación de ajustes de configuración, confusión en cuanto a exposición a la radiación, y la entrega de diagnósticos equivocados.

Dispositivo médico	Ciberataque y consecuencias
<i>Ventilador médico</i>	Cuando un pirata informático altera los parámetros relacionados con el paciente, silencia las alarmas o hace que se reinicie la máquina; se interfiere con el procedimiento del paciente trayendo consigo consecuencias adversas.
<i>Máquina anestésica</i>	Si se silencian las alarmas de la máquina o se establece una falsa, se cambian la información o se interfiere en el monitoreo del sistema; se genera una situación catastrófica para el paciente, al hacer imposible el monitoreo de los gases o una sobredosis de medicamentos en el paciente.
<i>Máquina corazón-pulmón</i>	También se conoce como circuito extracorpóreo (ECC). Si un pirata informático apaga la bomba o suministra demasiada heparina, silencia las alarmas o cambia la información de visualización, se corre el riesgo de causar una hemorragia interna en el paciente.
<i>Máquina de diálisis</i>	Una intervención en el monitor, los sensores o cambios de proporciones de mezcla, pueden ocasionar un envenenamiento agudo en el paciente.
<i>Dispositivos médicos interoperables</i>	Una alteración en estos dispositivos puede ocasionar la generación de información ilegible o mal interpretada, conllevando a un diagnóstico erróneo.
<i>Sistema de escaneo de código de barra</i>	Si esta información es alterada por un pirata informático, se corre el riesgo de generar un daño en el paciente debido a una intervención en el tratamiento médico.

Tabla 1 – Consecuencia de ciberataques a dispositivos médicos

4. Método de investigación

Para la realización del presente estudio, se desarrolló primeramente una investigación documental sobre la ciberseguridad y los tipos de ciberataques dentro los centros hospitalarios, mediante una recopilación de información a través de numerosas investigaciones en fuentes secundarias.

Posteriormente se realizó una investigación aplicada, para poder conocer a profundidad el entorno actual en los centros hospitalarios y que fuera posible diseñar estrategias. Para ello se aplicaron dos técnicas: la Matriz de las Fortalezas-Oportunidades Debilidades-Amenazas (FODA) y la Matriz Analítica de Formación de Estrategias (MAFE). Dado que, una organización en relación con su entorno simboliza uno de sus más inapreciables activos, se consideró oportuno la aplicación del método FODA, al mismo tiempo, la herramienta MAFE es utilizada tanto para identificar directrices y prevenir daños como, para instaurar medidas de acción.

Cuanta más información se posea sobre el ambiente de una empresa, la implementación del análisis FODA será mucho más positiva y de gran beneficio (Ramírez, 2017), es por ello, que se analizan los dos tipos de entorno: interno, para tener conocimiento de las fuerzas que interceden para proveer el logro de las metas, y sus alcances que impiden conseguir dichos objetivos de una forma eficiente y efectiva; y externo, el cual se refiere a las situaciones o contextos favorables de su medio que la pueden contribuir; referidas como las oportunidades; así como las preferencias que en cierto momento pueden ser dañinas y que establecen las amenazas.

Para poder llevar a cabo el procedimiento del análisis FODA, se realizaron los siguientes pasos: 1) Identificación y valoración de los factores internos; 2) Identificación y valoración de los factores externos; 3) Gráfico FODA de diagnóstico del entorno; 4) Matriz FODA para la formulación de estrategias (Cruces de variables).

Consecutivamente, se aplicó la matriz MAFE, herramienta de ajuste significativo que ayuda a desarrollar cuatro tipos de estrategias: estrategias de fuerzas y oportunidades, estrategias de debilidades y oportunidades, estrategias de fuerzas y amenazas y estrategias de debilidades y amenazas.

Las estrategias FO utilizan del entorno interno las fuerzas para beneficiarse de las utilidades del entorno externo (oportunidades). La regla general las estrategias se forma de siguiente manera DO, FA o DA para situarse en el ambiente; así efectuar las tácticas FO. Las estrategias DO procuran vencer las debilidades del entorno interno beneficiando de las oportunidades del externo. Por otro lado, las estrategias FA se prevalecen de las fuerzas de las organizaciones privando o disminuyendo las secuelas de las amenazas producidas en el entorno externo. Finalmente, las estrategias DA son métodos de defensa que procuran reducir las debilidades internas e impedir amenazas del entorno (Tobar, 2007).

Finalmente, después de haber elaborado los cruces de los factores internos y externos, se analizaron los resultados obtenidos y se vincularon estrategias similares para poder generar estrategias viables.

5. Resultados

Al realizar el análisis de la información se identificaron 13 factores internos (cinco fortalezas y ocho debilidades) y 10 factores externos (cinco oportunidades y seis amenazas); con los cuales fue posible realizar la matriz FODA (Figura 1).



Figura 1 – Matriz FODA. Elaboración propia.

Una vez identificado y analizado los factores del entorno, es posible realizar los cruces que permitan obtener ocho estrategias (ver figura 2) que los hospitales deberán tener en cuenta para mejorar su privacidad y seguridad y perciba una disminución considerable de ciberataques, las cuales son:

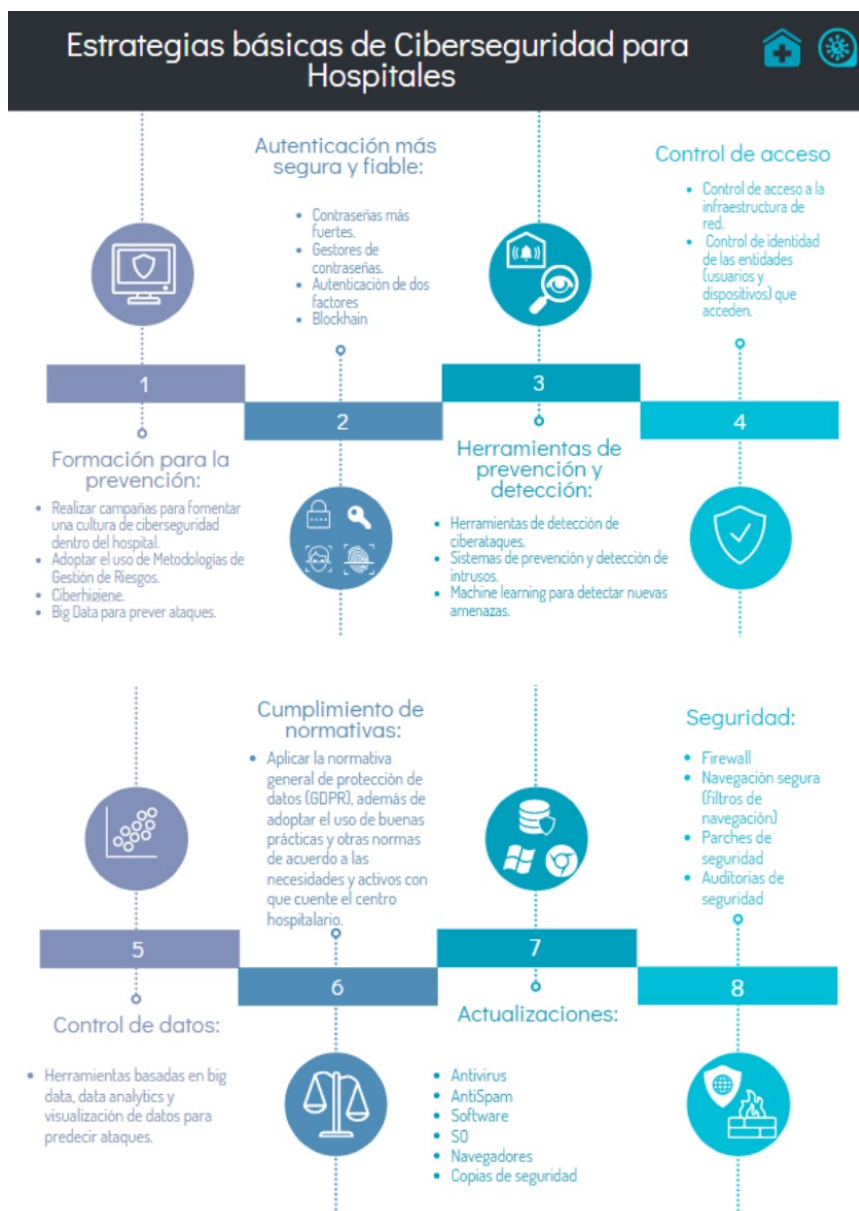


Figura 2 – Estrategias básicas de Ciberseguridad para Hospitales. Elaboración propia.

1. Obtención de la certificación de la institución, por parte de un organismo internacional, logrando con esto, un incremento sustancial en la percepción de la calidad.
2. Establecimiento de lineamientos en el acuerdo de confidencialidad de los pacientes, para conseguir incrementar los niveles en la ciberseguridad del hospital coadyuvando a salvaguardar la información de estos frente a un ciberataque.
3. Aplicar una auditoría de seguridad para detectar las posibles vulnerabilidades en las estaciones de trabajo y se comprobar el cumplimiento de las responsabilidades del personal; y a partir de los resultados, establecer un plan para llevar a cabo las medidas preventivas y correctivas, e incorporar la política de seguridad.
4. Adquirir tecnología apropiada con los controles de acceso adecuados para que sólo el personal autorizado tenga acceso a dichas tecnologías y delimitar la política de seguridad, para acrecentar la seguridad en el entorno.
5. Designar la adquisición de instalaciones e infraestructura necesaria favoreciendo una mejoría e incremento de los servicios médicos tanto en calidad como en cantidad, brindando con ello una atención más óptima.
6. Capacitar y concientizar a la plantilla de trabajo para promover la cultura de ciberseguridad y de esta manera desarrollen las habilidades y competencias necesarias que les permitan salvaguardar la información y asimismo minimizar los ciberataques.
7. Favorecer el control del suministro de medicamentos y de materiales quirúrgicos, de tal forma que se evite el desabasto, a través de una administración adecuada de los recursos económicos.
8. Emplear un control de acceso para prevenir que terceros puedan acceder a los sistemas de los servicios médicos, paralelamente, contar con normas, estándares y buenas prácticas que permiten garantizar la seguridad e interoperabilidad de los servicios.

6. Conclusiones

Para poder determinar las estrategias, fue necesario tomar como referencia los objetivos específicos representativos, comenzando por revisar el estado del arte de la ciberseguridad, asimismo fue preciso identificar los principales tipos de ciberataques a los que se encuentran vulnerables los centros hospitalarios teniendo como resultado los ataques dirigidos, tales como el *ransomware*, el *phishing* y los ataques DDoS. Posteriormente se reunió un gran acervo de las normativas, estándares y buenas prácticas relacionadas a la seguridad en el sector sanitario que permitan salvaguardar los datos de los pacientes y de los aparatos médicos, de la misma manera se consideran normas que protejan los sistemas de salud, contribuyendo a que los centros hospitalarios tengan una referencia de toda esta información de una forma muy accesible.

Por otra parte, en el análisis FODA fue posible observar que realmente los ciberataques son una amenaza para los centros hospitalarios, y esto se debe en gran medida a la escasez de normas, estándares y buenas prácticas, así como por la ausencia de políticas de seguridad, y de la falta de capacitación del personal en materia de ciberseguridad;

en efecto se podría decir, que los centros hospitalarios no poseen estrategias de ciberseguridad.

No hay que olvidar que las infraestructuras críticas, en especial el sector salud se considera el principal segmento que es blanco de ataques cibernéticos; por esta razón resulta imprescindible que los hospitales cuenten con estrategias básicas que ayuden a fortalecer la ciberseguridad de cada centro hospitalario, brindando mayor protección a sus pacientes y al personal de la salud.

Las ocho estrategias presentadas pretenden ser una contribución para que los centros hospitalarios puedan alcanzar un mayor grado de ciberseguridad, y a su vez puedan conseguir la certificación para avalar la calidad de su entidad; del mismo modo se pretende que a través de los conocimientos de expertos en la materia y de las acciones preventivas se pueda salvaguardar de manera general la entidad sanitaria.

Si bien las estrategias presentadas son generales, estas pueden implementarse en distintos centros hospitalarios con base a sus características y contexto propios, permitiendo que cada institución pueda determinar un cronograma para cada una de las estrategias de acuerdo con sus necesidades.

Algunas líneas futuras de investigación, podría ser la implementación de una estrategia para la red hospitalaria que radique en la configuración de una red hospitalaria, en donde los registros médicos, dispositivos conectado a internet, así como la información de imágenes médicas (DICOM), y los servicios de telemedicina se encuentren en una red aislados de los servicios genéricos (servidores web y servidores de correos electrónicos), considerando agregar capas adicionales de seguridad desde cortafuegos perimetrales hasta la implementación de los sistemas IDS/IPS, entre otros.

Por otra parte, se podría implementar un Modelo de Gestión que ayude a mejorar la eficiencia del suministro de medicamentos y materiales quirúrgicos mediante la adecuada gestión del inventario.

Referencias

- Abusaid, D. C. (2018). *Perspectiva de ciberseguridad en México*. McKinsey & Company.
- Alcatel-Lucent. (2019). *Internet de las Cosas en Sanidad*. Alcatel : <https://www.al-enterprise.com/-/media/assets/internet/documents/iot-for-healthcare-solutionbrief-es.pdf>
- APISA. (2018). *Seguridad en IoT en sanidad: ¿estamos preparados?* Asociación de Profesionales de Informática de la Salud de Andalucía. <https://apisa.com.es/wp-content/uploads/2018/05/Seguridad- IoT-en-Sanidad-Estamos-Preparados.pdf>
- Argaw, S.T., Bempong, NE., Eshaya-Chauvin, B. et al. (2019). The state of research on cyberattacks against hospitals and available best practice recommendations: a scoping review. *BMC Med Inform Decis Mak* 19, (10). <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0724-5>
- Ayala, L. (2016). *Cybersecurity for Hospitals and Healthcare Facilities*. Fredericksburg: Apress.

- Byte TI. (19 de abril de 2016). *La ciberseguridad en hospitales deja que desear*. Revista Byte. <https://revistabyte.es/actualidad-byte/la-ciberseguridad-en-hospitales-deja-que-desear/>
- Carnicero, J. y. (2012). *Manual de Salud Electrónica para directivos de servicios y sistemas de salud*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3023/1/S2012060_es.pdf
- CISCO. (2020). *Introducción a la Ciberseguridad*. CISCO <https://static-course-assets.s3.amazonaws.com/CyberSec2.1/es/index.html#1.1.1.1>
- Fundación Telefónica. (2016). *Ciberseguridad, la protección de la información en un mundo digital*. España: Ariel. https://www.fundaciontelefonica.com/cultura-digital/publicaciones/531/?utm_source=publicaciones&utm_campaign=destacadanavidad12162016&utm_medium=invitacion
- Gobierno de México. (2017). *Estrategia Nacional de Ciberseguridad*. Gobierno Federal. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271884/Estrategia_Nacional_Ciberseguridad.pdf
- Gómez, O. S. (2011). Sistema de salud en México. *Salud Pública de México*, 530. <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5043>
- IT User Tech & Business. (28 de Noviembre de 2016). *IoT hace a los hospitales más vulnerables a los ciberataques*. IT User Tech & Business. <https://www.ituser.es/seguridad/2016/11/iot-hace-a-los-hospitales-mas-vulnerables-a-los-ciberataques>
- Leiva, E. (2015). Estrategias Nacionales de Ciberseguridad: Estudio Comparativo Basado en Enfoque Top-Down desde una Visión Global a una Visión Local. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 3(4), 161-176. <https://doi.org/10.18294/relais.2015.161-176>
- Orange. (2019). *Ciberseguridad 30 buenas prácticas en grandes empresas nacionales e internacionales*. Foro de la Empresa del Mañana España. https://www.orange.es/static/pdf/CiberseguridadGrandesEmpresas.pdf?internal_source=orange&internal_medium=informes&internal_term=informes+ciberseguridad
- Pérez, F. (2019). Riesgo Cibernético y Ciberseguridad. *Comisión Nacional de Seguros y Finanzas*, 37. SHCP, Documento de trabajo No. 181 https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/478193/181.-_Riesgo_Cibern_tico_y_Ciberseguridad_2019.pdf
- PHILIPS. (s.f). *Mitos relacionados con la ciberseguridad en la digitalización de los expedientes médicos*. PHILIPS. <https://www.philips.com/c-dam/b2bhc/mx/nobounds/Ciberseguridad-MX-D.pdf>
- Ramírez, J. (2017). Procedimiento para la elaboración de una análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas. *IIESCA*. 54-61. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>

- Rodríguez, A. (s.f.). *El Internet de las Cosas Médicas de Salud Pública, el paso que México necesita*. TELCEL. <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/internet-de-las-cosas-en-la-salud-publica>
- Secretaría de Salud. (2011). *Manual del Expediente Clínico Electrónico*. Gobierno Federal. https://www.who.int/goe/policies/countries/mex_ehealth.pdf
- SEIS. (abril de 2019). Un nuevo marco en la ciberseguridad y la protección de datos. *Revista de la sociedad española de informática y salud* (134). Pág. 6. <https://seis.es/is-134-abril-2019/>
- Tobar, K. (2007). *Elaboración de un plan estratégico para la empresa Rhenania S.A ubicada en la ciudad de Quito*. Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/586/1/CD-0979.pdf>
- Welivesecurity. (16 de junio de 2015). *¿Ciberseguridad o seguridad de la información? Aclarando la diferencia*. Welivesecurity. <https://www.welivesecurity.com/la-es/2015/06/16/ciberseguridad-seguridad-informacion-diferencia/>

Aprendizaje automático aplicado al análisis del confinamiento por COVID-19 y su relación con el rendimiento de los estudiantes de educación superior

Manuel Montaña-Blacio^{1,2}, Jorge González-Escarabay², Fernando Pesántez-Bravo¹, Johana Briceño-Sarmiento¹, Oscar Jimenez-Sarango¹

jigonzalez2@utpl.edu.ec; mamontano@tecnologicosudamericano.edu.ec;
afpesantez@tecnologicosudamericano.edu.ec; jebricenno@tecnologicosudamericano.edu.ec;
ojimenez@tecnologicosudamericano.edu.ec

¹ Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, Loja, Ecuador.

² Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, 1101607, Loja, Ecuador.

Pages: 102-116

Resumen: Este artículo analiza el rendimiento académico de estudiantes de tercer nivel y el efecto por la pandemia de COVID-19 debido al cambio de modalidad de estudio. Usando la metodología de Lesmeister, se aplicaron los algoritmos k-means y hierarchical clustering, a una muestra de 400 registros que corresponde a dos periodos de estudio, pre-pandemia e in-pandemia de los estudiantes del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano de la ciudad de Loja, obteniendo tres agrupaciones relacionadas al rendimiento académico. En cuanto a un análisis general de los grupos, se puede establecer que no se encontró diferencia significativa en las variables de género, etnia, tipo de colegio, situación laboral, becados, ingreso total del hogar y miembros del hogar. Sin embargo, en el clúster C2 los estudiantes que en su mayoría son casados y no radicados en la ciudad de Loja bajaron su rendimiento en pandemia debido a las condiciones de estudio.

Palabras-clave: aprendizaje automático; rendimiento académico; pandemia; COVID-19; educación superior.

Machine learning applied to the analysis of the COVID-19 confinement and its relationship with the performance of higher education students

Abstract: This article analyzes the academic performance of third level students and the effect of the COVID-19 pandemic due to the change in study modality. Using the Lesmeister methodology, the k-means and hierarchical clustering algorithms were applied to a sample of 400 records corresponding to two study periods, pre-pandemic and in pandemic, of the students of the “Instituto Superior Tecnológico Sudamericano” in the city of Loja, obtaining three groupings related to academic performance. Regarding a general analysis of the groups, it can be established

that no significant difference was found in the variables of gender, ethnicity, type of school, employment status, scholarship holders, total household income and household members. However, in the C2 cluster, the students who are mostly married and do not live in the city of Loja lowered their performance during the pandemic due to the study conditions.

Keywords: machine learning; academic performance; pandemic; COVID-19; higher education.

1. Introducción

En el año 2020 la pandemia de COVID-19 irrumpió en la vida cotidiana de todo el mundo, las actividades que se desarrollaban a diario cambiaron de modalidad para reducir la propagación del coronavirus, acciones comunes de los gobiernos han seguido normas similares que limitan el contacto social manteniendo a todas las personas en un confinamiento obligatorio. Según (Edwards et al., 2016) los focos de contagio de enfermedades de influenza son entre 20% y 25% semanales en los puestos de trabajo. Luego del confinamiento estudios demuestran que hubo un aumento de casos positivos de COVID-19 pese a contar con las respectivas medidas de bioseguridad (Barrientos-Gutiérrez et al., 2021), empresas, restaurantes, locales comerciales etc., tuvieron que cerrar sus puertas para dar paso a una nueva normalidad.

Un sector que se vio gravemente afectado es el educativo en todos los niveles, al tener que migrar de un entorno presencial a una enseñanza en línea, lo cual involucra una planificación detallada, el uso de recursos tecnológicos e innovadores y una preparación adecuada de docentes y estudiantes; por el repentino cambio y propagación de pandemia, no hubo el tiempo suficiente para preparar un entorno virtual de enseñanza aprendizaje eficaz para afrontar la consolidación de conocimiento del aprendizaje en confinamiento, no obstante, (Gonzalez et al., 2020) afirma que el confinamiento de COVID-19 cambió las estrategias de aprendizaje de los estudiantes a un hábito más continuo, mejorando su eficiencia, para ello, analizan los efectos del confinamiento de COVID-19 en el rendimiento de aprendizaje autónomo de una muestra de 458 estudiantes de la Universidad Autónoma de Madrid (España), en tres asignaturas diferentes, dividen la muestra en dos grupos para el examinar el rendimiento antes de la pandemia y durante en confinamiento.

El acceso a Internet en la actualidad es una necesidad para el aprendizaje, el computador ha remplazado al papel, lápiz y libros; los entornos virtuales de sistemas académicos en época de confinamiento han crecido, debido a recursos, trabajos de docentes y estudiantes, que utilizan materiales orientados a aprendizaje virtual (Salmerón et al., 2010). Sin embargo, la catedra se torna complicada, los estudiantes en muchos de los casos carecen de habilidades tecnológicas al igual que los docentes, convirtiéndose en un problema que afecta al rendimiento académico. En el estudio de (Olmos-Gómez, 2020) dan conocer que, durante la pandemia en España, hubo asociaciones entre ambientes de aprendizaje y factores psicológicos en contextos adaptativos, en relación al grupo de carreras universitarias en los últimos ciclos ya sea cursando estudios de educación primaria, educación física y deporte, educación inicial o educación social. Los datos demuestran que los entornos de aprendizaje de educación a distancia tienen relación directa con la titulación estudiada las asignaturas de educación primaria y social se relacionaron con una mayor posibilidad de estar abrumados y reportar dificultades.

La transición a un aprendizaje virtual repercute directamente en el rendimiento académico de forma positiva o negativa, se han realizado estudios que analizan las ventajas y desafíos de la educación superior (Tsai et al., 2019). La organización del tiempo y recursos de aprendizaje por parte de docente influye directamente en el aprendizaje de los estudiantes (Jovanovic et al., 2019). En (Tran et al., 2020) demuestra la relación con hábitos de aprendizaje de los estudiantes con diferentes estados socioeconómicos y aspiraciones ocupacionales durante el brote de la enfermedad. En (Aucejo et al., 2020) mediante un análisis estadístico y empírico demuestran grandes efectos negativos que afectan a los estudiantes, el 13% de los estudiantes ha retrasado la graduación, el 40% ha perdido un trabajo, pasantía u oferta de trabajo, y el 29% espera ganar menos a los 35 años. Estos efectos negativos están relacionados con el nivel socioeconómico, los estudiantes de menores ingresos tienen un 55% más de probabilidades que sus compañeros de mayores ingresos de aplazar sus estudios debido al COVID-19.

Aplicando técnicas de agrupamiento, en una muestra de estudiantes del Instituto Superior tecnológico Sudamericano se ha experimentado con dos modalidades de estudio, una presencial (pre-pandemia) y una virtual (in-pandemia). En ambos casos se aplicaron los algoritmos de k-means y clusterización jerárquica, teniendo como base los datos sociodemográficos y académicos de cada estudiante. En el caso del rendimiento académico se obtuvieron tres grupos: el primero representa a estudiantes de suficiente rendimiento in-pre pandemia, los mismo se vieron afectados con el cambio de modalidad; el segundo a estudiantes con buen rendimiento pre-in pandemia, que bajaron su rendimiento debido a su estado civil y lugar de residencia; el tercero indica los estudiantes con suficiente rendimiento pre-pandemia / buen rendimiento in-pandemia debido a que se adaptaron mejor a las condiciones de estudio.

El uso de aprendizaje automático en investigaciones relacionadas al rendimiento académico y sus posibles variaciones debido a la pandemia por COVID-19, se han encaminado a evidenciar posibles cambios en la vida cotidiana, estilos de aprendizaje, salud mental, entre otros (Khattar et al., 2020; Wang et al., 2020). Los beneficios relevantes del aprendizaje automático en este ámbito sirven para la identificación eficiente del grupo o tipos de estudiantes que bajaron su rendimiento en periodo de pandemia, también, para identificar la adaptación en la modalidad de aprendizaje virtual y determinar que tipos de características o variables significativas poseen (Majhi et al., 2021; Sáez et al., 2021; Tarik et al., 2021).

2. Metodología

La investigación se realiza en el periodo de pandemia por COVID-19 en el Ecuador, donde la modalidad de estudio paso de ser presencial a en línea obligatoriamente. El Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, con sede en Loja, Ecuador, recopiló información de rendimiento académico en estudiantes de sus diez carreras de tercer nivel en modalidad presencial, las variables de rendimiento se extrajeron directamente de la base de datos de la institución, mientras, las variables sociodemográficas se obtuvieron del departamento de Bienestar Estudiantil con acuerdos de confidencialidad y bajo la autorización del departamento de Vicerrectorado académico con fines investigativos. Tomando en consideración el cambio repentino de la modalidad de estudio debido a la pandemia, los parámetros de calificación se mantuvieron de acuerdo con su forma

original planteadas para clases presenciales. La planta docente recibió una capacitación del uso de plataformas en línea con el objetivo de inducirlo a la nueva realidad de clases virtuales.

2.1. Hipótesis

Se cree que el rendimiento académico de estudiantes de tercer nivel (universitario) se vio afectado por la pandemia de COVID-19, debido al cambio de modalidad de estudio obligatoria, por lo cual, en este artículo se analiza esta premisa de investigación teniendo en cuenta el rendimiento promedio pre-pandemia e in-pandemia como principales variables en términos de estudio.

2.2. Datos

Bajo este contexto, se generaron un total de 900 registros base para la investigación, luego de un proceso de validación y limpieza de datos se obtuvieron un nuevo total de 400 registros referentes a los estudiantes de la carrera de electrónica del instituto, los cuales fueron la población para analizar y el principal insumo para el algoritmo de Machine Learning (ML) a utilizar. Bajo el contexto de la pandemia, solo se tomaron en cuenta estudiantes que se hayan matriculado dentro de los dos periodos académicos analizados, los cuales corresponden al periodo de pre- pandemia (octubre 2019 – marzo 2020) e in pandemia (abril – septiembre 2020). Las variables relevantes al estudio se detallan en la Tabla 1.

Las variables sociodemográficas hacen referencia al género, estado civil, etnia, discapacidad, tipo de colegio del que proviene, tipo de matrícula, reprobación de materias anteriores, situación laboral, bono de desarrollo, beca, ingreso del hogar y miembros del hogar.

Es importante tener en cuenta que los periodos académicos se dividen en dos parciales donde el rango de calificación es de [0-20] y la aprobación de materias se logra con el 70% del total (28 puntos) de la suma de los dos parciales y el 75% de asistencias.

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Rendimiento pre-pandemia</i>	Detalla el promedio de calificaciones que el estudiante obtuvo en las materias del periodo de pre-pandemia.	Numérico	1
<i>Rendimiento in-pandemia</i>	Detalla el promedio de calificaciones que el estudiante obtuvo en las materias del periodo de pre-pandemia.	Numérico	1
<i>Asistencia pre-pandemia</i>	Hace referencia a las horas clase en promedio asistidas durante el periodo de pre-pandemia.	Numérico	1
<i>Asistencia in-pandemia</i>	Hace referencia a las horas clase en promedio asistidas durante el periodo de in-pandemia.	Numérico	1
<i>Variables sociodemográficas</i>	Variables de contexto social de la población en estudio.	Porcentual	12
<i>Total de variables</i>			16

Tabla 1 – Listado de variables relevantes a la investigación

2.3. Método ML

La metodología de ML utilizada es la propuesta por (Lesmeister, 2017), como se muestra en la Figura 1, donde se establecen 6 pasos formales e iterativos para la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático dentro de diferentes escenarios. Los pasos de la metodología se definen como:

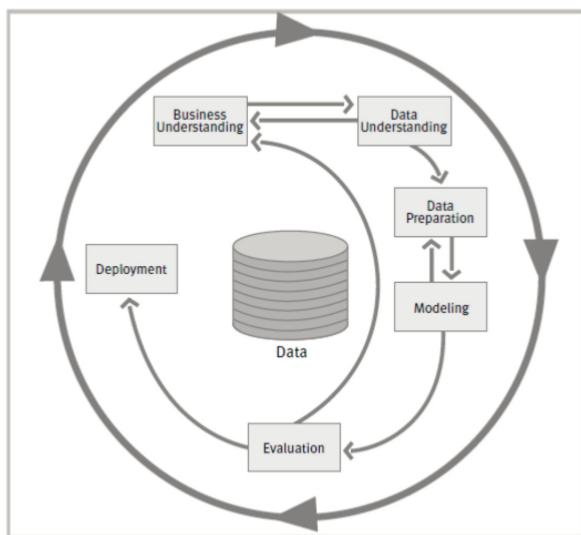


Figura 1 – Metodología de ML utilizada, (Lesmeister, 2017)

- **Conocimiento del campo:** es donde se establecen los conceptos principales de la investigación, como el tipo de población a analizar, la definición de variables, planificación de eventos, recolección de información y acuerdos de confidencialidad.
- **Reconocimiento de datos:** hace referencia a la selección de las variables principales, las cuales son relevantes a la investigación y base para la experimentación, en este caso referentes a las 16 variables detalladas en la tabla 1, las cuales pueden ser variables sociodemográficas, de rendimiento y de asistencia.
- **Preparación de datos:** los datos fueron depurados en base a la integridad, es decir, solo se tomaron en cuenta los registros que hayan tenido información sobre todas las variables analizadas, por este motivo no se tomaron en consideración a estudiantes que no hayan sido matriculados en los dos periodos en análisis. La base de experimentación consta de 400 registros validados.
- **Modelado:** la principal premisa de investigación es la variación del rendimiento académico en los periodos de pre e in pandemia, fue modelada en base a algoritmos de clusterización (método jerárquico y k-means) para la selección del mejor método en relación con la naturaleza de los datos y la bondad de ajuste en métricas de rendimiento (MacQueen, 2008). Sobre el lenguaje de programación R 3.6.3 y el entorno de RStudio 1.1.456.

- **Evaluación:** con el fin de obtener resultados óptimos, los modelos de clusterización se realizaron en 4 ámbitos de bondad de ajuste (Lesmeister, 2017), se definen como:
 1. Average: tiene la particularidad de que la distancia promedio entre una observación de un grupo y una observación de otro grupo es definida como la distancia entre dos grupos (promedio de pares no ponderado).
 2. Complete: define a la distancia entre dos grupos aleatorios como la distancia máxima entre cualquier observación en un grupo y cualquier observación en el otro grupo (vecino más alejado).
 3. Single: define que distancia entre dos grupos es la distancia mínima entre una observación en un grupo y una observación en el otro grupo (vecino más cercano).
 4. Ward: su funcionamiento se basa en la creación de grupos de clasificación con un número similar de observaciones, minimizando la varianza dentro de los grupos que esta medida por la suma de error cuadrático desde los puntos del grupo hacia el cancroide.
- **Despliegue:** hace referencia a los resultados de los modelos los cuales se validaron por diferentes métricas de rendimiento de acuerdo con la lógica de los algoritmos.

2.4. Método ML

Las métricas de evaluación de modelos se aplican a los algoritmos de agrupamiento los cuales generan modelos acorde a los experimentos (Hartigan, 1975), las métricas de evaluación se dividen en dos, de acuerdo con los algoritmos de aprendizaje automático utilizados. En cuanto al método de clusterización por k-means se evaluará por el índice de Calinski- Harabasz (CH) (Caliński & JA, 1974) el cual define un método para la identificación de conjuntos de observaciones en un espacio euclidiano multidimensional, basándose en dos tipos de enfoques de relaciones espaciales, métodos aglomerativos y divisivos. Debido a su funcionamiento, se reducen el posible número de divisiones, este método se puede aplicar en una división dicotómica, aunque también es aplicable hacia una división global en cualquier número de grupos. Por otra parte, las validaciones de k-means también se hacen por Simple Structure Index (SSI) (Dolnicar et al., 1999), el cual consiste en la combinación de tres elementos influyentes en la interpretabilidad de soluciones, los cuales se definen como: a) la diferencia máxima de cada variable entre los grupos, b) los tamaños de grupos más contrastantes, y c) la desviación de una variable en los centros de grupos en comparación con su media general. Los tres elementos se combinan y normalizan multiplicativamente para generar un valor entre 0 – 1 (Dimitriadou et al., 2002).

La clusterización jerárquica por otra parte, se evaluará en primera instancia por la medida de similitud entre entidades de un dendrograma, que expone la similitud entre grupos diferentes por medio de la correlación existente en los puntajes de las entidades en las dimensiones (correlación cophenetic), como medida de ajuste en clasificaciones. Esta métrica evalúa la variación de las distancias por pares entre los puntos de datos originales no modelados en el dendrograma (Carmichael & Julius, 1968). La otra métrica para analizar este tipo de algoritmo es la distancia Gower la cual calcula las

distancias entre observaciones cuando se han provisto variables de tipos diferentes, implementando una métrica de distancia adaptada que funciona bien para las variables y se escala en el rango entre 0 y 1, luego, se calcula una combinación lineal que usa pesos especificados por el usuario para crear la matriz de distancia final (Gower, 1971).

2.5. Experimentos

Como se muestra en la Figura 2, la planificación de experimentos está definida por los métodos de enlace a los que se someten los algoritmos de clusterización, definiendo los cuatro primeros (M1-M4) para los experimentos jerárquicos y los consecuentes (M4-M8) para los definidos por k-means. Los resultados de los experimentos fueron medidos en base a las métricas de rendimiento, establecidas por cada algoritmo, para seleccionar el mejor modelo por lógica de agrupación. Luego, en la fase de análisis, se analizan los modelos óptimos por cada tipo de algoritmo para, en base a las métricas y la distribución muestral, determinar el mejor referente a los tipos de datos analizados.

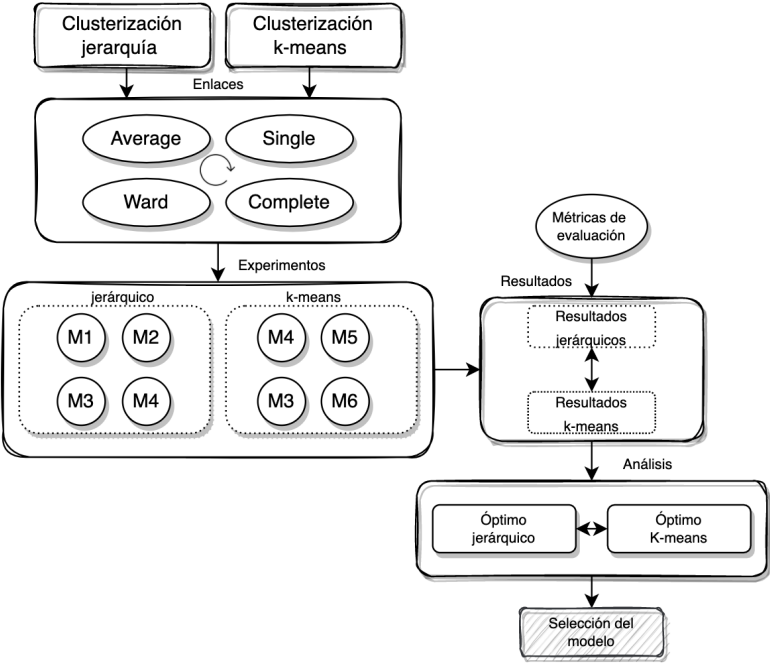


Figura 2 – Planificación de experimentos

3. Resultados

Los escenarios establecidos para el diseño de experimentos son homogéneos, es decir, cuentan con las mismas características según la lógica de agrupamiento, y analizan el mismo dataset, teniendo como única diferencia los niveles de enlace a los que fueron

expuestos. Luego de la implementación de escenarios y validaciones por las métricas de calidad.

Como primer punto se definió el número óptimo de agrupaciones recomendadas por cada algoritmo. En la Tabla 2 se puede observar el número de conglomerados óptimo, por cada método de enlaces, de los escenarios de la agrupación jerárquica. Mientras en la Tabla 3 se pueden ver los definidos por k-means. Teniendo en cuenta que el número óptimo para la clusterización jerárquica esta denotado por la línea más alta en la gráfica donde un punto rojo establece el resultado (M1, M2, M3, M4) y para la interpretación k-means se denota por un codo formado en la imagen (M5, M6, M7, M8).

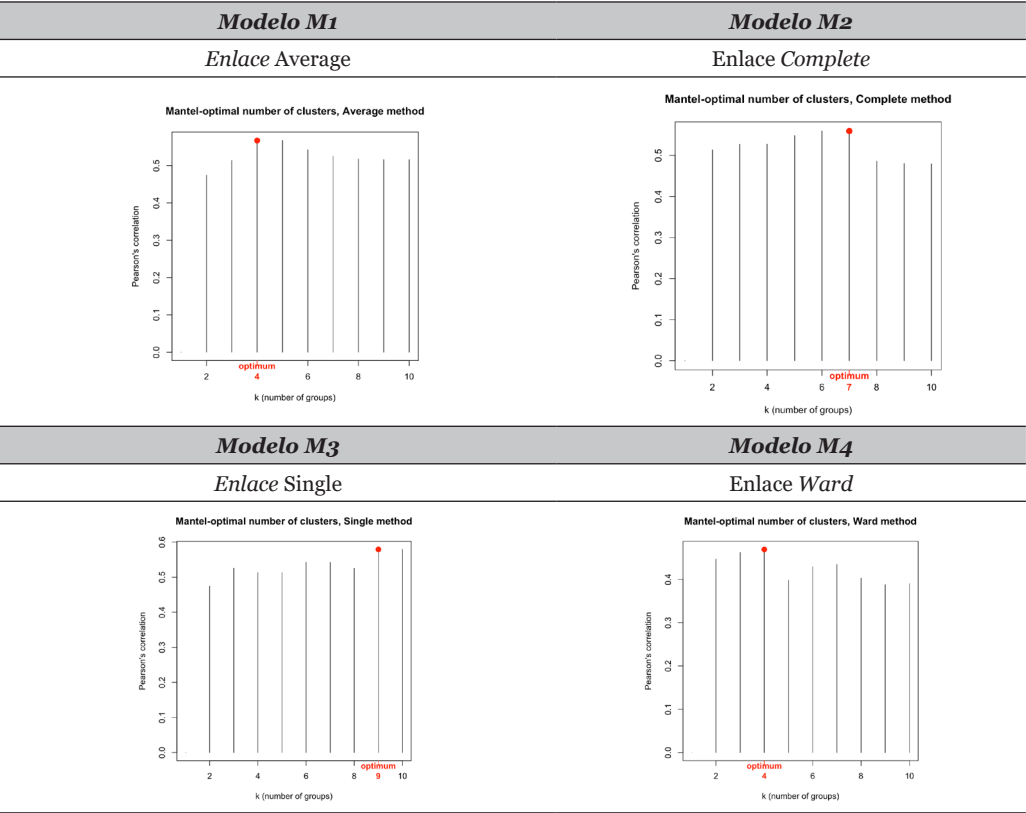


Tabla 2 – Agrupaciones óptimas en los modelos jerárquicos

Luego del establecimiento de las agrupaciones por modelos, se aplicaron las métricas de calidad en las dos lógicas de agrupamiento correspondientes al índice de correlación Cophenetic y distancia Gower para los modelos jerárquicos y el índice Calinski & Harabasz (CH) e índice de estructura simple (SSI) para k-means. Como se detalla en la Tabla 4.

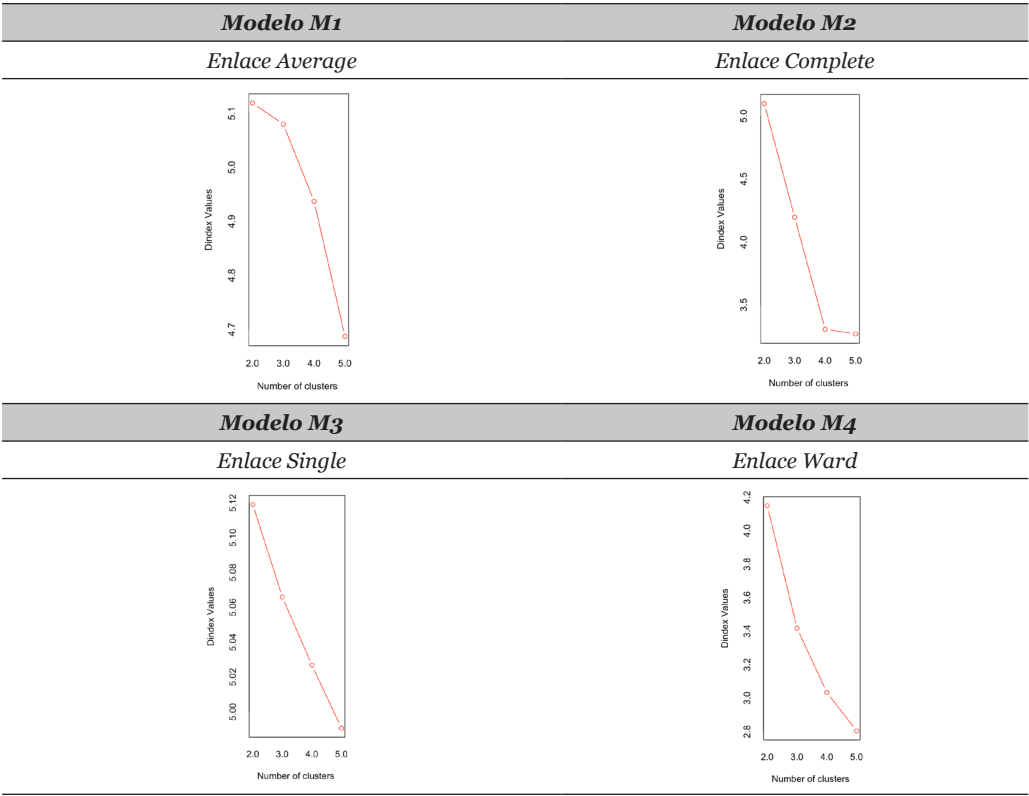


Tabla 3 – Agrupaciones optimas en los modelos de k-means

Método	Modelo	Enlace	Agrupaciones	Métricas			
				CH	Cophenetic	Gower	SSI
Jerárquico	M1	Average	4	-	0.818	240.7	-
	M2	Complete	7	-	0.706	5152.3	-
	M3	Single	9	-	0.692	1246.2	-
	M4	Ward	4	-	0.505	11088	-
k-means	M5	Average	3	35.2	-	-	0.092
	M6	Complete	2	199.3	-	-	0.073
	M7	Single	2	31.5	-	-	0.015
	M8	Ward	3	212.5	-	-	0.066

Tabla 4 – Resultados de las métricas de calidad en experimentos

Definidas las métricas de calidad, se puede establecer que el mejor modelo para la lógica jerárquica es M1, el cual establece un agrupamiento óptimo en 4 conglomerados y el

método de bondad de ajuste es Average. Mientras, para la lógica de k-means el mejor modelo es el definido como M8 el cual establece 3 conglomerados y Ward como la bondad de ajuste compatible con los datos. La distribución muestral de los modelos se muestra en la Tabla 5.

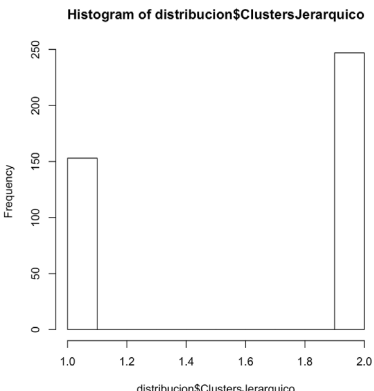
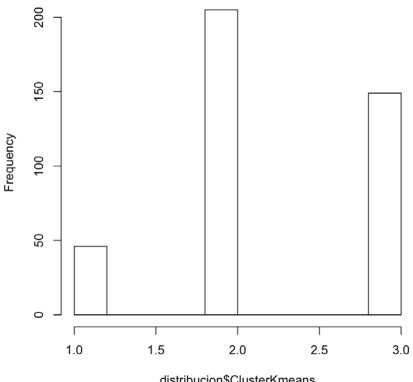
Método	Modelo	Distribución	Histograma
Jerárquico	M1	1 2	
		153 247	
K-means	M8	1 2 3	
		46 205 149	

Tabla 5 – Distribución muestral de los modelos M1 y M5

De esta manera, la selección del modelo con más concordancia de acuerdo con los datos y el seleccionado como base de la investigación es el modelo M8 que establece 3 agrupaciones las cuales se definen en la Figura 3. El eje x de la gráfica hace referencia a las notas obtenidas en el periodo académico de pre-pandemia mientras el eje y representa las notas obtenidas durante el periodo académico de in-pandemia.

Las agrupaciones en un ámbito general tienen las siguientes características, establecidas en la Tabla 6.

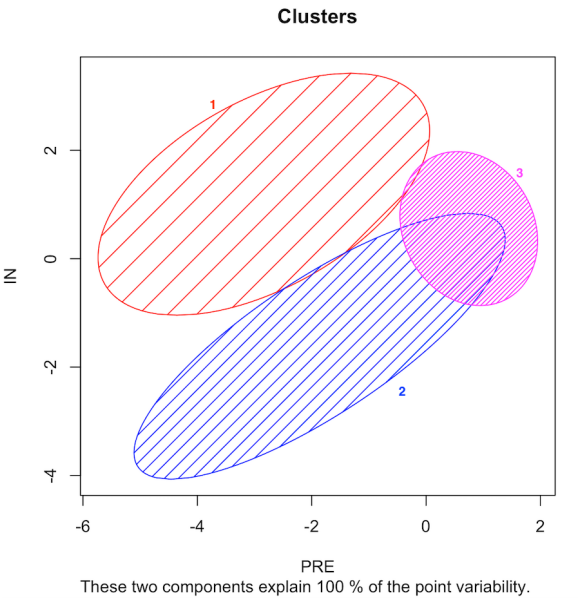


Figura 3 – Distribución espacial del modelo M8

Clústers	Observaciones	Porcentaje	Rendimiento pre	Rendimiento in
C1	46	11.5 %	30.80	30.78
C2	205	51.25 %	34.31	32.05
C3	149	37.25 %	27.53	32.98

Tabla 6 – Agrupaciones, en resumen

- **Clúster 1** (suficiente rendimiento in-pre pandemia): observaciones con suficiente rendimiento académico (entre 28 y 31 puntos) tanto en el periodo de pre pandemia como en el de pandemia.
- **Clúster 2** (buen rendimiento pre-in pandemia): agrupa observaciones con buen rendimiento (entre 32 y 35 puntos) en los periodos de pre-in pandemia.
- **Clúster 3** (suficiente rendimiento pre-pandemia / buen rendimiento in-pandemia): observaciones con suficiente rendimiento pre-pandemia y buen rendimiento in pandemia.

En cuanto a un análisis general de los grupos, se puede establecer que no se encontró diferencia significativa en cuanto a las variables de género (95.5% hombres), etnia (97% mestizo), tipo de colegio (50% fiscal), situación laboral (57% trabaja y estudia), becados

(7.5%), ingreso total del hogar (46.77% 400\$ o menos) y miembros del hogar (67.3% entre 3 y 6 miembros en promedio).

Dentro de la Tabla 7 se representan las variables relevantes en la conformación de los conglomerados:

Estado civil		provincia		Semestre que cursa		Asistencia	
Media							
Soltero	89.5%	Foráneo	34.75%	Nivel	(1-10)	PRE	93.81
Casado	9%	No foráneo	65.25%			IN	94.64
Clúster 1 (suficiente rendimiento in-pre pandemia)							
Soltero	95.66%	Foráneo	47.83%	Nivel	4	PRE	94.71
Casado	2.17%	No foráneo	52.17%			IN	93.05
Clúster 2 (buen rendimiento pre-in pandemia)							
Soltero	85.36%	Foráneo	38.05%	Nivel	4	PRE	97.18
Casado	12.68%	No foráneo	61.95%			IN	95.43
Clúster 3(suficiente rendimiento pre-pandemia / buen rendimiento in-pandemia)							
Soltero	93.28%	Foráneo	26.18%	Nivel	4	PRE	91.54
Casado	6.04%	No foráneo	73.83%			IN	94.33

Tabla 7 – Variables relevantes en la conformación de conglomerados

La agrupación C2 representa al grupo de estudiantes que bajaron su rendimiento en un promedio de 2 puntos en pandemia, de acuerdo con las variables analizadas esto se puede deber a su estado civil, siendo este el clúster que representa un mayor porcentaje de personas casadas, así mismo, se evidencia un alto número de personas no radicadas en la ciudad de Loja que han disminuido su porcentaje de asistencia en pandemia. Posibles causas para esta baja del promedio son, responsabilidades en el hogar y deficiencia de Internet por saturación de ancho de banda. El clúster 3 muestra los estudiantes que subieron sus promedios en pandemia en un total de 2 puntos aproximadamente, se evidencia en el mismo que existen un mayor número de personas solteras que radican en la ciudad de Loja y su porcentaje de asistencia es mayor en periodo de pandemia. Esto se debe al confinamiento obligatorio en ese periodo, y por ende más tiempo para dedicar al estudio.

4. Conclusiones

La pandemia de COVID-19 generó problemas en la educación superior, el confinamiento dificultó el aprendizaje, limitando el acceso a laboratorios y entornos para realizar proyectos de vinculación, prácticas preprofesionales e investigación, afectando directamente a carreras técnicas, los entornos virtuales fomentan el conocimiento, no obstante, los estudiantes tienen dificultades para unirse a una clase en línea por su

inexperiencia en plataformas digitales y problemas de conectividad, influyendo en su desempeño educativo.

Este estudio analizó los efectos en el rendimiento académico de los estudiantes de educación superior; a través de los algoritmos de K-means y jerárquico se establecieron 3 grupos muestrales, clasificados en base al promedio general de los periodos analizados, las variables sociodemográficas no tienen una diferencia significativa, sin embargo, las variables estado civil, provincia y asistencia tienen un impacto negativo de acuerdo con el análisis realizado.

En el primer clúster no se observó cambio alguno en el rendimiento, el grupo de estudiantes se adaptó correctamente a la nueva modalidad de estudio en línea. En el segundo clúster ya se evidencia un cambio significativo en el rendimiento de los estudiantes, disminuyendo su promedio general en 2.26 puntos, en este clúster se observa una mayoría de estudiantes de la ciudad de Loja con responsabilidades de hogar puesto que tienen el mayor porcentaje de las 3 agrupaciones de personas casadas. En el clúster 3 se puede observar que la muestra tiene un alza significativa en el rendimiento en un total de 5.45 puntos, correspondiente a estudiantes de los primeros ciclos en donde las clases son en su gran mayoría teóricas.

El clúster 2 representa la cantidad muestral mayor en un total de 205 estudiantes, por lo tanto, y de acuerdo con las variables analizadas y a los resultados obtenidos se puede deducir que los estudiantes si tuvieron una baja en su rendimiento y por ende si hubo una afectación en la parte educativa a razón de la pandemia de COVID-19.

Este es un estudio transversal basado en datos obtenido del Instituto Superior Tecnológico Sudamericano, es probable que los resultados puedan ser diferentes al aplicarlos en otros entornos universitarios, no obstante, la metodología propuesta de aprendizaje automático se puede utilizar para otros estudios de campo de análisis de rendimiento. Como trabajo futuro se propone aplicar el modelo a otros institutos y universidades que aporten una mayor cantidad de datos para evaluar los efectos en el aprendizaje en línea de estudiantes universitarios durante la pandemia de COVID-19.

Referencias

- Aucejo, E. M., French, J., Ugalde Araya, M. P., & Zafar, B. (2020). The impact of COVID-19 on student experiences and expectations: Evidence from a survey. *Journal of Public Economics*, 191, 104271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2020.104271>
- Barrientos-Gutiérrez, T., Reyes-Sánchez, F., Torres-Álvarez, R., Zepeda-Tello, R., Stern, D., Colchero, M. A., Bautista-Arredondo, S., López-Olmedo, N., & Pérez-Ferrer, C. (2021). Ciclos de trabajo-confinamiento para reducir la transmisión de Covid-19: evidencia y recomendaciones en el contexto de México. *Salud Pública de México*, 63(2), 314–321.
- Caliński, T., & JA, H. (1974). A Dendrite Method for Cluster Analysis. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 3, 1–27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>

- Carmichael, J. W., & Julius, R. S. (1968). Finding natural clusters. *Systematic Biology*, 17(2), 144–150.
- Dimitriadou, E., Dolnicar, S., & Weingessel, A. (2002). An examination of indexes for determining the number of clusters in binary data sets. *Psychometrika*, 67, 137–159. <https://doi.org/10.1007/BF02294713>
- Dolnicar, S., Grabler, K., Mazanec, J., Woodside, A., Crouch, G., & Oppermann, M. (1999). *Perceptual charting for analyzing destination images*No Title.
- Edwards, C. H., Tomba, G. S., & de Blasio, B. F. (2016). Influenza in workplaces: transmission, workers' adherence to sick leave advice and European sick leave recommendations. *European Journal of Public Health*, 26(3), 478–485. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckw031>
- Gonzalez, T., De La Rubia, M. A., Hincz, K. P., Comas-Lopez, M., Subirats, L., Fort, S., & Sacha, G. M. (2020). Influence of COVID-19 confinement on students' performance in higher education. *PloS One*, 15(10), e0239490.
- Gower, J. . (1971). *A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties*. 27(4), 857–871.
- Hartigan, J. A. (1975). *Clustering Algorithms* (99th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Jovanovic, J., Mirriahi, N., Gašević, D., Dawson, S., & Pardo, A. (2019). Predictive power of regularity of pre-class activities in a flipped classroom. *Computers & Education*, 134, 156–168.
- Khattar, A., Jain, P. R., & Quadri, S. M. K. (2020). Effects of the disastrous pandemic COVID 19 on learning styles, activities and mental health of young Indian students-a machine learning approach. *2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 1190–1195.
- Lesmeister, C. (2017). *Machine Learning with R* (Second Edi). Packt Publishing Ltd.
- MacQueen, J. (2008). *SOME METHODS FOR CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF MULTIVARIATE OBSERVATIONS*. 17.
- Majhi, R., Thangeda, R., Sugasi, R. P., & Kumar, N. (2021). Analysis and prediction of COVID-19 trajectory: A machine learning approach. *Journal of Public Affairs*, 21(4), e2537.
- Olmos-Gómez, M. D. (2020). Sex and Careers of University Students in Educational Practices as Factors of Individual Differences in Learning Environment and Psychological Factors during COVID-19. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/ijerph17145036>
- Sáez, C., Romero, N., Conejero, J. A., & García-Gómez, J. M. (2021). Potential limitations in COVID-19 machine learning due to data source variability: A case study in the nCov2019 dataset. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 28(2), 360–364.

- Salmerón, H., Rodríguez, S., & Gutiérrez, C. (2010). *Metodologías que optimizan la comunicación en entornos de aprendizaje virtual. Comunicar*, 34 (XVII), 163-17. doi: 10.3916. C34-2010-03-16-117.
- Tarik, A., Aissa, H., & Yousef, F. (2021). Artificial intelligence and machine learning to predict student performance during the COVID-19. *Procedia Computer Science*, 184, 835–840.
- Tran, T., Hoang, A.-D., Nguyen, Y.-C., Nguyen, L.-C., Ta, N.-T., Pham, Q.-H., Pham, C.-X., Le, Q.-A., Dinh, V.-H., & Nguyen, T.-T. (2020). Toward Sustainable Learning during School Suspension: Socioeconomic, Occupational Aspirations, and Learning Behavior of Vietnamese Students during COVID-19. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/su12104195>
- Tsai, Y., Poquet, O., Gašević, D., Dawson, S., & Pardo, A. (2019). Complexity leadership in learning analytics: Drivers, challenges and opportunities. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2839–2854.
- Wang, G., Zhang, Y., Zhao, J., Zhang, J., & Jiang, F. (2020). Mitigate the effects of home confinement on children during the COVID-19 outbreak. *The Lancet*, 395(10228), 945–947.

Minería de procesos aplicada a un sistema de solicitudes de servicios al cliente: Un caso de estudio basado en datos

Alejandra Morales¹, Carmen Ibeth Martínez¹, Juan de Jesús Amador¹,
Cuauhtémoc Hidalgo¹, Rodolfo Zolá García¹

amoralesr@uaemex.mx; cimartineza001@alumno.uaemex.mx; jjamadorr@uaemex.mx;
chidalgoc@uaemex.mx; rzgarcial@uaemex.mx

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Ecatepec,
José Revueltas no. 17 Col. Tierra Blanca, Ecatepec, Estado de México C.P 55020

Pages: 117-132

Resumen: El presente estudio propone una investigación de carácter exploratorio y descriptivo, que muestra la aplicación de la minería de procesos para descubrir información (conocimiento) acerca del desempeño de un proceso de atención de servicios básicos al cliente. Los hallazgos revelan que: el proceso real del sistema esta conformado por 9 actividades, 4 de estas no encuentran definidas en el flujo principal; los 1,252 casos encontrados son ejecutados y terminados; 1,023 pasan de forma ordenada por el flujo principal y se encapsulan en una variante; 61 saltan o repiten alguna actividad del flujo principal; 168 se desvían por otras actividades; existen 92 personas involucradas en el proceso. Finalmente, si se requiere un análisis más integral, se considera fundamental conocer el contexto operativo de la organización, la definición de roles, los estándares entre otras variables que permitan entender de manera más completa la información del proceso obtenido contra lo documentado y esperado.

Palabras-clave: Análisis de procesos; minería de procesos; minería heurística, servicios al cliente

Process mining applied to a customer service request system: A case study based on data

Abstract: In this research we propose an exploratory and descriptive study in process mining, apply for generate knowledge in a basic customer service attention process. The information found reveals: the real process of the system is shaped by 9 activities, 4 of these are not defined in the main data flow; the 1,252 cases found are executed and terminated; 1,023 passes through the main data flow in orderly and are encapsulated in a variant; 61 skip or repeat some activity in the main data flow; 168 are deflectioning by other activities; there are 92 people involved in the process. Lastly, if a more holistic analysis is required, it is essential to know the operating context of the organization, the role definition, the standards among other variables that allow a more complete understanding of the process information obtained against what is documented and expected.

Keywords: Process analysis; heuristics miner; process mining; client services

1. Introducción

Las organizaciones más allá de subsistir buscan ser líderes en un ambiente competitivo, dinámico, diversificado e innovador, siendo precisamente la innovación tecnológica (González, 2006) uno de los instrumentos con el que cuenta para lograr este objetivo. Dicha innovación, a permitido el desarrollo de sistemas de información más robustos que hacen posible que las empresas tenga capacidad suficiente para almacenar y gestionar los datos que van generando, ya sea de sus clientes, proveedores, procedimientos o fuentes externas (Santos, et al., 2019), es decir, día a día las organizaciones disponen de mayores volúmenes históricos que contienen datos acerca del comportamiento de sus diferentes procesos de negocio. Los datos pasan de ser un producto, a convertirse en una materia prima, que hay que explotar para obtener el verdadero activo final elaborado; el conocimiento.

Sin embargo, cuando se aumenta la cantidad de datos almacenados, la capacidad para asimilarlos disminuye (Merchán, Mero & Mero, 2021), por lo que se hace necesario el uso de diversas herramientas de análisis de datos que permiten extraer conocimiento útil a partir de grandes volúmenes de datos, es aquí donde tiene cabida la minería de procesos (Checoli, Venicio, Scalabrin & Portela, 2020), una disciplina de investigación relativamente joven que se encuentra entre la inteligencia computacional, la minería de datos, la modelación y el análisis de procesos de negocio (González, Leal, Martínez & Morales, 2019; Van der Aalst, et al., 2011), y que se encarga de estudiar los procesos de la organización a partir de los datos que se generan en las actividades que componen su flujo (Silva, 2017).

La idea de la minería de procesos es descubrir, monitorear y mejorar los procesos reales a través de la extracción del conocimiento de los registros de eventos disponibles en los actuales sistemas de información (Van der Aalst, 2016; Aguirre & Rincón, 2015).

Esta compuesta por tres tipos de técnicas: el descubrimiento, que a través del registro de eventos genera un modelo del proceso sin utilizar ninguna información a priori; la verificación de conformidad, que monitorea desviaciones al comparar el modelo del proceso documentado por la empresa con el registro de eventos del mismo proceso; y el mejoramiento, que busca extender o mejorar un modelo de proceso existente usando la información acerca del proceso real almacena en el registro de eventos (Van der Aalst et al., 2011).

A pesar de que la minería de procesos es reciente varias investigaciones resaltan que en los últimos años ha despertado el interés tanto en la comunidad científica donde se observa un incrementos en las investigaciones (Fuentes, et al., 2019) como en las empresas a nivel mundial, ya que están incorporando esta disciplina para extraer conocimiento que puede ser aprovechado para proponer mejoras a sus procesos de negocio (Santos, et al., 2019; Van der Aalst, 2013; Van der Aalst, 2012;), sin embargo, en América por ejemplo, aún son pocas las empresas que explotan las potenciales de esta tecnología (Orellana, 2018), por lo que muchas veces las organizaciones tienen que afrontar con el transcurso del tiempo, que los proceso del negocio ya no sean tan claros, que se agreguen otras actividades a los procesos, que exista mala asignación de responsabilidades,

cuellos de botella, que se realicen tareas manuales, que se haga mal uso de los sistema de información, tiempos prolongados de respuesta, clientes insatisfechos (Hernán & Bayona-Oré, 2019), entre otras.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo mostrar la aplicación de la minería de procesos para descubrir información relevante (conocimiento) acerca del desempeño del proceso de atención de servicios básicos al cliente de una empresa dedicada al área de servicio.

2. Método

2.1. Diseño

El tipo de investigación desarrollada fue de carácter exploratoria y descriptiva, porque se basó solo de datos para descubrir los aspectos importantes respecto a la ejecución de un proceso real. Para ello, se utilizaron las herramientas informáticas Microsoft Excel, ProM 6.9 y Disco, con las cuales se obtuvo el registro de eventos, los modelos del proceso junto con los umbrales y los datos descriptivos correspondientes.

2.2. Metodología

Para desarrollar esta investigación (basado en datos) se utilizó la metodología de diagnóstico de procesos presentada por Bozkaya, Gabriels y Van der Werf en el 2009, que consta de las siguientes fases (Figura 1):

Preparación del registro. Esta fase consiste en localizar y depurar los datos extraídos de los sistemas de información, para posteriormente transformarlos a un formato adecuado para la minería de procesos. Para ello, se tiene que preprocesar el archivo de los registros para identificar los id de los casos, los nombres de las actividades, las marcas de tiempo y en caso de ser necesario elegir o crear otros campos específicos que ayuden aportar más información del proceso.

Inspección de registros. En esta fase se recopilan estadísticas sobre el registro de eventos, que incluyen la identificación de posibles procesos y la información de las actividades principales y actividades de apoyo; el número de casos; el número total de eventos; el número mínimo, máximo y/o promedio de eventos por caso; los eventos iniciales y finales encontrados y sus ocurrencias. Según el resultado de la estadística, en algunos casos, el registro de evento se filtra para eliminar los casos incompletos.

Control de análisis de flujo. En esta fase se analiza el flujo del proceso y que permite dar respuesta a la pregunta ¿cómo es el proceso real?, con ello, se lleva a cabo una verificación de conformidad para comprobar si el proceso es igual a las especificaciones de la documentación de la empresa y que cada caso en el registro de eventos puede ser repetido en el proceso definido. En los casos, en donde existan varios casos en el registro de eventos que no se ajustan al modelo de proceso, es necesario aplicar filtros para no tomar en consideración eventos poco frecuentes dentro de la construcción del modelo con la finalidad de evitar en algunos casos modelos similares a un espagueti.

Análisis de rendimiento. Los modelos obtenidos en la fase anterior se pueden utilizar para analizar el desempeño del proceso y descubrir si existen cuellos de botella, el

tiempo de rendimiento de cada actividad y del proceso en general, lo que ayudará a obtener información importante para identificar áreas de mejora del proceso.

Análisis de roles. En esta fase se analizan los datos disponibles sobre los diferentes roles (personas u otro recurso) que están involucrados en el proceso, para detectar quién ejecuta qué actividades y también para explorar la productividad de los usuarios. Con la información obtenida, los responsables podrían decidir sobre la asignación del trabajo entre los miembros del equipo.

Transferencia de resultados. Finalmente, en esta fase se elabora un informe para comunicar los resultados de los descubrimientos de la investigación a la gerencia o a los administradores del sistema.

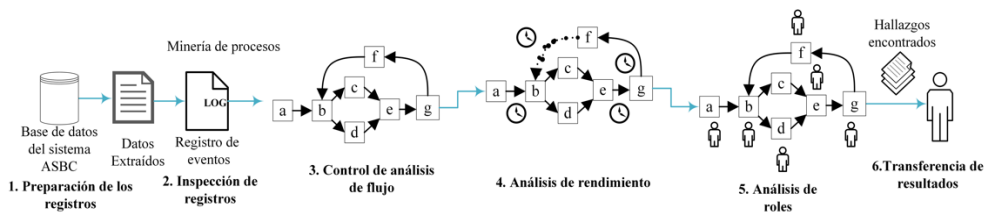


Figura 1 – Metodología de diagnóstico de procesos.

2.3.Caso de Estudio

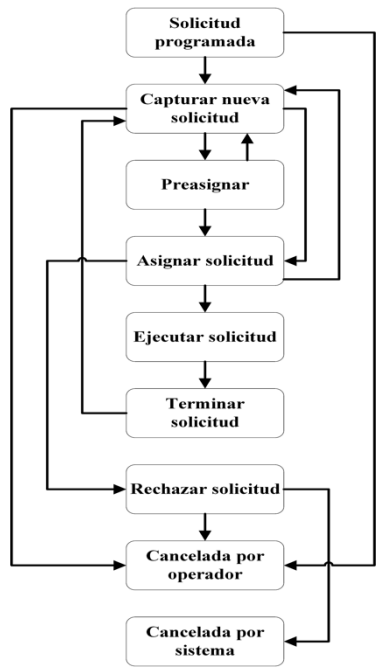


Figura 2 – Proceso de solicitud de ordenes de servicio

Para una empresa que proporciona un servicio, se realizó un caso de estudio para brindar una descripción general del funcionamiento de uno de sus procesos que se lleva a cabo a través de un sistema de información. La organización se encarga del abastecimiento eléctrico y mediante el sistema se registran las solicitudes de los servicios de sus clientes y se les da atención.

A pesar de que se realizan cinco tipos de solicitudes, solo se analizará el proceso de solicitudes de trabajos programados, debido a que son los datos que fueron concedidos para este estudio.

Este tipo de solicitudes tiene como característica principal, que en el proceso documentado por la empresa (Figura 2), no pasan por las actividades: solicitud programada, rechazar solicitud, cancelada por operador y cancelada por sistema, debido a que, por sus propias políticas, las solicitudes programadas siempre son atendidas, aunque, no existen tiempos establecidos para su atención.

Además, el personal tiene que poner especial cuidado cuando estas solicitudes se registran y terminan, ya que tienen que especificar de manera correcta tanto la fecha y hora de atención como los trabajos realizados y los materiales utilizados, así como los datos necesarios para complementar la atención de las solicitudes de servicio.

3. Aplicación de la metodología

3.1. Preparación del registro

ORDEN	FECHA_INICIO	FECHA_FIN	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
M2733017720	30/03/19 10:11	31/01/20 12:43	CAPTURO	*****
M2733017720	31/01/20 12:43	31/01/20 12:47	PREASIGNO	*****
M2733017720	31/01/20 12:47	31/01/20 12:48	ASIGNO	*****
M2733017720	31/01/20 12:48	31/01/20 12:48	EJECUTO	*****
M2733017720	31/01/20 12:48	03/04/19 9:53	TERMINO	*****
M2733019379	03/04/19 9:53	03/04/19 9:53	CAPTURO	*****
M2733019379	03/04/19 9:53	11/09/19 6:27	PREASIGNO	*****
M2733019379	11/09/19 6:27	09/01/20 23:25	CAMBIO SITUACION	*****
M2733019379	09/01/20 23:25	09/01/20 23:30	PREASIGNO	*****
M2733019379	09/01/20 23:30	09/01/20 23:30	ASIGNO	*****
M2733019379	09/01/20 23:30	09/01/20 23:30	EJECUTO	*****
M2733019379	09/01/20 23:30	13/04/19 12:22	TERMINO	*****
M2733025031	13/04/19 12:22	27/01/20 12:37	CAPTURO	*****
M2733025031	27/01/20 12:37	27/01/20 13:03	PREASIGNO	*****
M2733025031	27/01/20 13:03	27/01/20 13:04	ASIGNO	*****
M2733025031	27/01/20 13:04	27/01/20 13:04	EJECUTO	*****
M2733025031	27/01/20 13:04	16/05/19 11:46	TERMINO	*****
M2733044061	16/05/19 11:46	10/01/20 13:24	CAPTURO	*****
M2733044061	10/01/20 13:24	10/01/20 13:33	PREASIGNO	*****
M2733044061	10/01/20 13:33	10/01/20 13:33	ASIGNO	*****
M2733044061	10/01/20 13:33	10/01/20 13:33	EJECUTO	*****
M2733044061	10/01/20 13:33	10/01/20 14:00	TERMINO	*****

INFORMACIÓN GENERAL

Solicitud

M2733076276

Situación

TERMINADA

Registrada como

T07 - REPARACION EN RED

Atendida como

T07 - REPARACION EN RED

Origen

CCC - CENTRO DE CONTINUIDAD Y CON

Centro

INFORMACIÓN DEL SERVICIO

Nombre

Teléfonos

R.P.U.

Hilos

1

Referencia

R.M.U.

SSEBRA

S/N

Colonia

Código Postal

Población

Municipio

Evidencias

OBSERVACIONES DE REGISTRO

BITACORA DE MOVIMIENTOS

Movimiento

Fecha

Hora

R.P.U.

Nombre

Legajo

Observaciones

CAPTURO

26-03-2019

18:52

PREASIGNO

09-ENE-2020

23:26

ASIGNO

09-ENE-2020

23:29

CAMBIO SITUACION

09-ENE-2020

23:29

PREASIGNO

29-ENE-2020

15:43

ASIGNO

29-ENE-2020

15:44

EJECUTO

29-ENE-2020

15:45

TERMINO

29-ENE-2020

15:45

Figura 3 – Extracto de una solicitud de orden de servicio con datos anonimizados y captura de datos en Microsoft Excel.

El registro proporcionado por la empresa consta de un archivo en formato de Microsoft Word, que contiene las ordenes de servicio solicitado por los clientes, la estructura de las ordenes está conformada por 41 campos en donde se puede observar el identificador del caso, el tipo de servicio solicitado, la actividad realizada, la marca de tiempo de ejecución inicial, el nombre del personal que ejecutó la actividad, las observaciones generales, etcétera. Es importante mencionar, que como no se cuenta con la marca de tiempo final

de cada actividad, está se tomó de la marca que se encuentra registrada cuando se da inicio a la siguiente actividad del proceso. El periodo de los registros obtenidos fue del 30/03/2019 10:11 al 09/11/2020 23:31.

Como la información se encontraba organizada en ticket de servicio, se tuvieron que capturar los datos necesarios de manera manual en formato de columnas y filas en Microsoft Excel para poder utilizar la minería de procesos (Figura 3). Una vez que se completo la captura del registro de eventos se guardo como un archivo CSV.

3.2.Inspección del registro

Durante la inspección del registro de eventos se identificaron 9 actividades diferentes (Tabla 1), 1,252 casos y un total de 6,467 eventos. Las actividades que presentan más dinamismo son asigno, termino, ejecuto, capturo y preasigno (de 1,231 hasta 1,258 eventos), en comparación con el número de eventos de las actividades cambio de centro, cambio de datos, cambio de situación y reclasifico (que van de 5 hasta 115 eventos). Cabe señalar, que en el registro de eventos no se encontraron casos incompletos.

Actividad	Eventos por actividad	Frecuencia relativa %
Asigno	1,258	19.45
Termino	1,256	19.43
Ejecuto	1,255	19.41
Capturo	1,253	19.38
Preasigno	1,231	19.04
Cambio de centro	115	1.78
Cambio de datos	50	0.77
Cambio de situación	44	0.68
Reclasifico	5	0.08

Tabla 1 – Frecuencia de las actividades dentro del proceso.

3.3.Control de Flujo de datos

Para analizar de forma completa el comportamiento y el flujo (el orden de las actividades) del proceso real que se lleva a cabo a través del sistema, se crearon varios modelos de dependencias con la herramienta ProM y el algoritmo de descubrimiento minado heurístico descrito en Weijters, Van der Aalst y Alves de Medeiros (2006); y Van der Aalst (2016), utilizando los siguientes parámetros:

- *Umbral de dependencia*= 0.80. Este umbral permite conocer el nivel de causalidad que existe entre las diversas actividades que integran el proceso entre más se aproxime a 1, se dice que hay una causalidad muy fuerte y si el número es negativo o está cerca del 0 la causalidad es muy baja en esa dirección. En este caso, todas las relaciones cuya medida este por debajo de 0.80 serán descartadas.

- *Umbral de observaciones positivas*= 1. Este umbral indica que al menos una vez una actividad (a) debe ser seguida directamente por otra actividad (b) para ser incluida en el modelo.
- *Relativo al mejor umbral*= 0.05. Este umbral indica que en el modelo se van a aceptar relaciones (a y b), si la diferencia entre el valor de la medida de dependencia calculada para dicha relación y el valor mayor de la medida de dependencia calculada sobre todas las relaciones es menor que el parámetro establecido.
- *Umbral de bucle de longitud uno*= 0.00. Este umbral indica que se va a insertar un bucle de longitud uno (un bucle propio) solo si la medida correspondiente se encuentra por encima del valor indicado en el parámetro.
- *Umbral de bucle de longitud dos*=0.00. Este umbral indica que vamos a insertar un bucle de longitud dos, solo si la medida correspondiente se encuentra por encima del valor de este parámetro.
- *Umbral de larga distancia*= 0.00. Este umbral es utilizado para agregar relaciones de dos actividades (a y b) que se encuentran en una relación de larga distancia, pero no tiene sucesión directa y se agregan solo si la relación esta por encima del valor establecido.

Dichos umbrales se definen bajo las siguientes fórmulas:

Para los casos en donde $a \neq b$

$$|a \Rightarrow L^b| = \left(\frac{|a > L^b| - |b > L^a|}{|a > L^b| + |b > L^a| + 1} \right)$$

Para los casos de bucles de uno

$$|a \Rightarrow L^a| = \left(\frac{|a > L^a|}{|a > L^a| + 1} \right)$$

Para los casos de bucles de dos

$$|a \Rightarrow_2 L^b| = \left(\frac{|a \gg L^b| + |b \gg L^a|}{|a \gg L^b| + |b \gg L^a| + 1} \right)$$

Donde:

$|a \rightarrow L^b|$ es el valor (entre -1 y 1) de la relación de dependencias entre a y b.

L es un registro de eventos sobre A, y a y b pertenecen a A. ($a, b \in A$).

$|a > L^b|$ es el número de veces que a es seguida directamente de b.

$|b > L^a|$ es el número de veces que b es seguida directamente de a.

En el modelo obtenido (red causal), se puede observar el flujo del manejo de las ordenes de servicio de los clientes que se lleva a cabo dentro del sistema, así como los valores obtenidos de la sucesión directa y los niveles de causalidad que tienen las actividades relacionadas (Figura 4).

En los resultados de la red causal se revela que el comportamiento de varias actividades relacionadas tiene niveles bajos ya sea en la sucesión directa (≤ 50), en las medidas de dependencia (≤ 0.75) o en ambos, lo que hace suponer que dichas actividades no se llevan a cabo comúnmente, que fueron integradas posteriormente al proceso o que se están realizando por alguna necesidad o motivo extraordinario. Aunado a que también se observa en la red causal que existen eventos repetidos en todas las actividades.

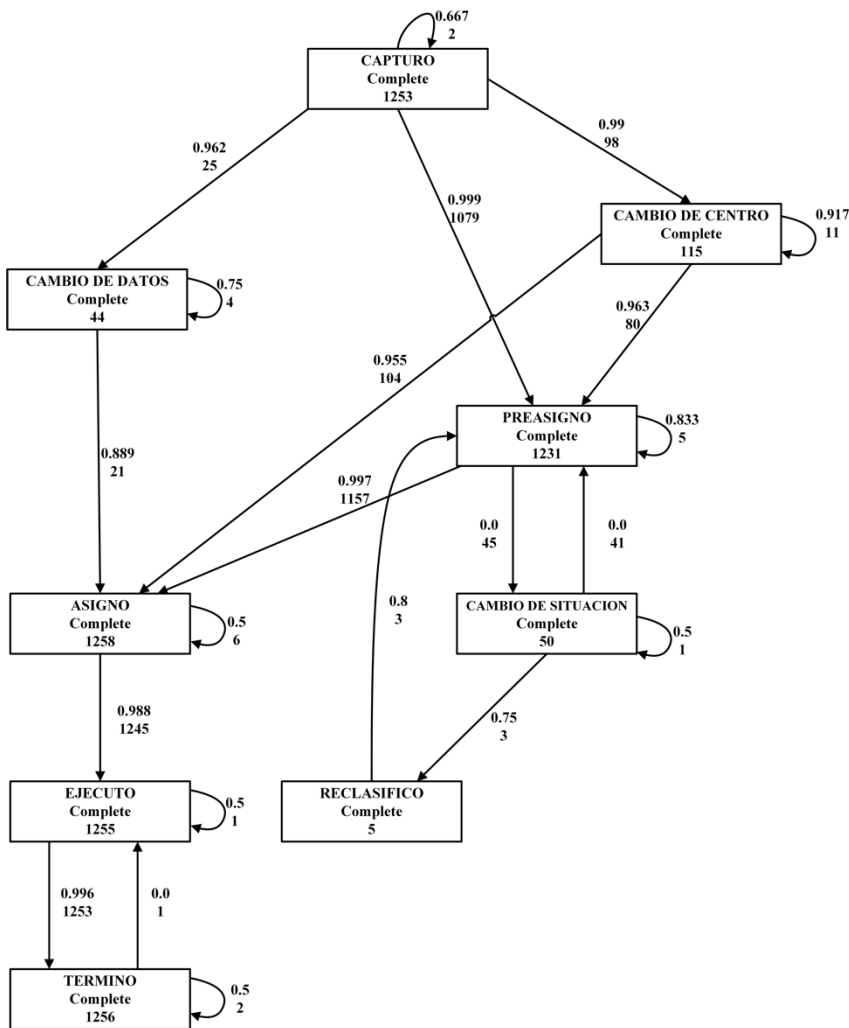


Figura 4 – Red causal obtenida a través del minado heurístico con los siguientes parámetros: umbral de observaciones positivas= 1; relativo al mejor umbral= 0.05; umbral de dependencia= 0.80; umbral de bucle de longitud uno y dos= 0.00 y umbral de larga distancia=0.00.

Por lo que, se realizó la verificación de conformidad para comprobar si la red causal obtenida era igual a las especificaciones de la documentación encontrada y si cada caso en el registro de eventos puede ser repetido en el proceso descubierto.

Después de hacer la comprobación, se encontró que las actividades: cambio de datos, cambio de centro, cambio de situación y reclasifico no están definidas en la documentación encontrado, generando con ello desviaciones en el proceso. Este solo esta conformado por las actividades capturo, preasigno, asigno, ejecuto y termino.

Por lo que, se realizaron ajustes más altos en los parámetros de los umbrales con la finalidad de verificar si el comportamiento principal de las actividades conformaba el modelo del proceso documentado, obteniendo con ello una red causal igual al proceso (Figura 5).

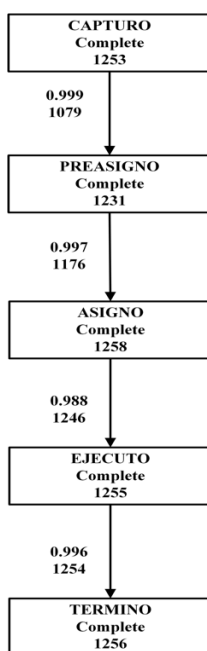


Figura 5 – Red causal obtenida a través del minado heurístico con los siguientes parámetros:
 umbral de observaciones positivas > 100; relativo al mejor umbral = 0.05;
 umbral de dependencia = 0.90; umbral de bucle de longitud uno y
 dos = 0.90 y umbral de larga distancia = 0.90.

Posteriormente, se aplicó a través de Disco un filtro para conocer el número de casos que siguen el flujo del proceso, dando como resultado 1023 casos, los cuales representan 79% (5,109) de los eventos que se llevaron a cabo del 30/03/2019 al 09/11/2020.

Consecutivamente, se realizó otro filtro para conocer los casos que repiten o se saltan alguna actividad del proceso principal, obteniendo que 61 casos, 4.8% (310) de los eventos cumplen con esta condición y se efectuaron entre el 29/08/2019 y 28/04/2020,

dejando 168 casos especiales (1,048 eventos) que pasaron también por otras actividades que no están definidas en el proceso principal y que ocurrieron entre el 03/04/2019 y el 22/07/2020.

3.4. Análisis de rendimiento

En esta fase se realizó un análisis adicional de los eventos a través de Disco. En la Figura 6, se muestran las 42 variantes existentes junto con su duración total para todo el registro de eventos, es decir se determinó que existe 42 rutas presentes dentro del sistema, las cuales representan escenarios diferentes para casos específicos.

En la variante 1 se agrupan los 1023 (82%) casos del flujo del proceso principal descritos en el apartado anterior con una media de duración de 8 días con 19 horas, mientras que el rango de frecuencias para el resto de las variantes va de 1 a 57 casos, estos es el 18% del total de los casos, con una media de duración desde minutos hasta los 216 días.

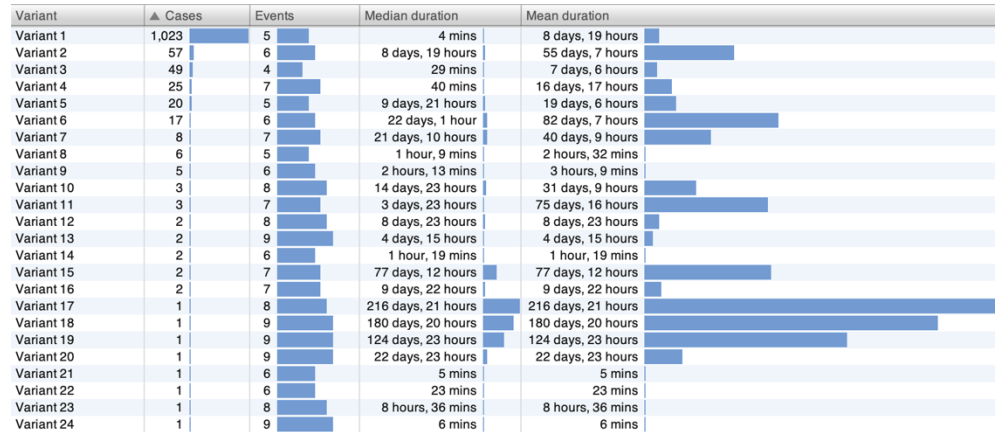


Figura 6 – Extracto de las variantes descubiertas en el proceso de atención de servicios básicos al cliente.

En cuanto al rendimiento del tiempo de atención del servicio solicitado por parte de los usuarios que se da entre las actividades del flujo principal, se observa en la Figura 7 que las medias de tiempo más largas son entre las actividades captura y preasigno ($\bar{x}$ =8.2 días) seguidas de ejecuto y termino ($\bar{x}$ =6.7 horas). Sin embargo, si las comparamos con las medias en el flujo real del proceso del sistema (Figura 8), los periodos de tiempo más largos se dan entre las actividades cambio de datos y preasigno ($\bar{x}$ = 60.2 días); cambio de centro y preasigno ($\bar{x}$ =44.3 días); y entre cambio de centro y asigno ($\bar{x}$ =17.5 días).



Figura 7 – Tiempos promedio de cumplimiento entre las actividades del flujo principal.

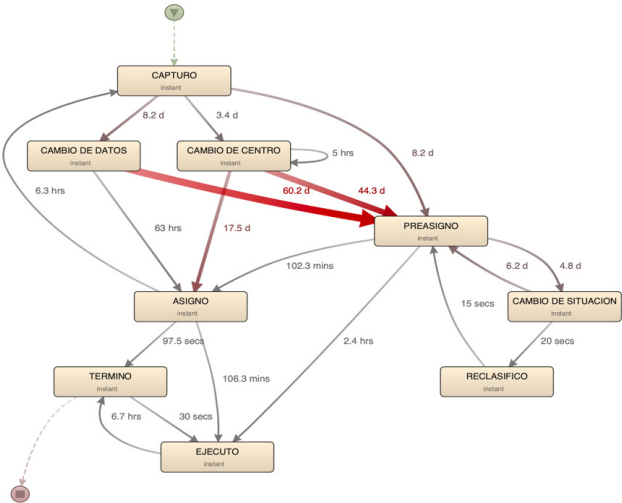


Figura 8 – Tiempos promedio de cumplimiento entre las actividades del flujo real.

3.4. Análisis de roles

En el archivo de los registros de eventos se cuenta con información personal de los empleados (por confidencialidad quedaron anonimizados sus datos) que intervienen en el proceso, pero se desconoce cual es el rol que definió la empresa para cada una de estos.

Por lo que en esta fase a través de Disco se obtuvieron solo las frecuencias de intervención de cada empleado en el proceso del sistema. Se detectaron que existen 92 personas involucradas y las más activas han participado entre 405 y 1,303 veces en las actividades (Figura 9), este grupo de usuarios probablemente incluye a los encargados de capturar y dar seguimiento a las solicitudes de servicio, mientras que el otro conjunto de personas que han intervenido en el proceso y que muestran una participación más baja (de 1 hasta 235 veces) se podría considerar que son los integrantes de las cuadrillas a quienes se les asignan y atienden de manera personal y física los servicios solicitados por los clientes. Cabe señalar, que como no se cuenta con más información, no se puede distinguir con confianza los grupos del personal involucrado.

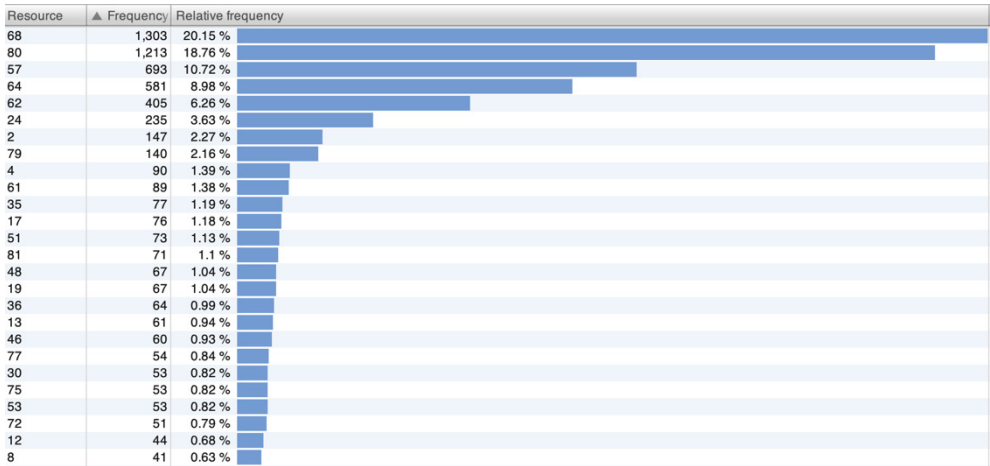


Figura 9 – Personas más activas dentro de las actividades del proceso de atención de servicios básicos al cliente.

3.5. Transferencia de resultados

A continuación, se enlistan los resultados de los hallazgos encontrados:

- El análisis se realizó con los datos obtenidos del sistema de información de la empresa correspondientes a un año y ocho meses de operación, correspondientes al periodo del 30/03/2019 al 09/11/2020.
- Se detectó que en las nueve actividades encontradas en el proceso real que se lleva a cabo en el sistema de información, se generan eventos repetidos para algunos casos, aunque son pocos, esto podría significar una mala asignación del centro de atención, una equivocación en los datos o una demora en el servicio solicitado por parte del cliente, ocasionando con ello retrabajo.

- Todos los casos capturados en el registro de eventos son ejecutados y terminados, cumpliendo con ello una de las políticas encontradas de la empresa, en donde se menciona que este tipo de solicitudes de servicio siempre tienen que ser atendidas y ninguna puede ser cancelada.
- 1,084 casos pasaron por las actividades definidas en el flujo principal durante el 30/03/2019 al 09/11/2020, por lo que, estos casos ocurrieron en el transcurso del mismo periodo del registro de eventos obtenido para este análisis, es decir, que este es el flujo constante que siguen los casos. Sin embargo, los 168 casos restantes del registro de eventos se desviaron así otras actividades no definidas en proceso documentado, las cuales se llevaron a cabo aproximadamente durante un poco más de un año (del 03/04/2019 al 22/07/2020), por lo que, es necesario verificar que ocurrió o que esta ocurriendo con estos casos y de ser necesario actualizar el proceso especificando los criterios, las normas y políticas de operación de cada actividad incluida.
- De los 1252 casos registrados en el registro de eventos 21 no pasan por la actividad preasigno, la cual se encuentra incluida en el flujo principal del proceso.
- A pesar de que no existen tiempos de ejecución definidos, vale la pena mencionar que los tiempos promedio para que un evento continúe con el siguiente en otra actividad del proceso principal no superan los 8.2 días, mientras que las actividades que no se encuentran definidas en el proceso presentan tiempos promedio para que un evento pase a otro muy largos que pueden llegar hasta los 60.2 días. Sería importante evaluar la causa del tiempo excesivo que implica realizar estas actividades para que se tomen acciones cuando corresponda.
- Se encontraron 42 rutas que siguen las solicitudes dentro del proceso, no obstante, de estas rutas existe una (variante 1) que es seguida por los 1,023 casos que se llevaron a cabo de manera ordenada en el flujo principal. Los casos restantes (229) están distribuidos en las otras 41 rutas, las cuales presentan de 4 a 13 eventos por caso.
- Las intervenciones de los empleados en el proceso no se muestran equivalentes, por lo que se considera necesario saber cual el rol y responsabilidad de cada uno, ya que algunos tienen una participación muy constante y otros han participado una solo vez. Con lo anterior y con la experiencia de los involucrados se podrían tomar acciones de mejora en la asignación del trabajo.

4. Conclusiones y limitaciones

Los resultados de esta investigación basada en datos, muestra un análisis de cifras que expone aspectos importantes derivados del comportamiento del proceso real, que fue obtenido a través de las técnicas y algoritmos de la minería de datos, sin embargo, si se desea obtener un análisis más integral, se considera necesario conocer el contexto operativo del proceso y de la organización, la definición de los roles de los empleados, los estándares de calidad, los tiempos máximos y mínimos de atención entre otras variables que permitan entender de manera más completa la estructura e información del proceso obtenido en comparación con el proceso documentado y lo esperado.

Con este caso práctico, se ha mostrado que las técnicas y herramientas de la minería de procesos son aptas para ofrecer información relevante que era desconocida a simple

vista, a partir de los datos actualmente almacenados en los sistemas de información corporativos producto de la ejecución de sus procesos.

La minería de procesos puede ser utilizada para analizar cualquier proceso de una organización si se cuenta con; los datos mínimos necesarios; la cantidad de datos adecuada según el periodo que se desea analizar; la información del contexto operativo de la organización; y si se requiere establecer y/o realizar condiciones adecuadas de mejora es necesario contar con el acompañamiento de un experto en el proceso explorado que se encargue de localizar los datos, facilite los objetivos y/o hipótesis del proyecto y que ayude a dar sentido a los hallazgos encontrados. No contar con esta información, es una limitante para poder realizar un diagnóstico completo o en su caso poder extender o mejorar el proceso existente.

La minería heurística permitió primeramente centrar el análisis en el comportamiento de todo el registro de eventos, con la finalidad de obtener el modelo del flujo real del procesos que se lleva a cabo en el sistema de la organización, en donde se pudieron observar las actividades tanto de alta y baja frecuencia; las dependencias de larga distancia y de cada relación; y los bucles existentes, para que posteriormente a través de la técnica de verificación se encontraran las desviaciones y con ello se ajustaron los parámetros correspondientes para poder trabajar también con el comportamiento principal del proceso. Con lo anterior, se corrobora que la minería heurística es uno de los algoritmos que más información proporciona acerca del proceso analizado y es capaz de manejar el ruido en comparación con otros algoritmos como el Alpha.

5. Trabajos a futuro

La minería de procesos se basa en la calidad de datos, es decir, los datos mal capturados o registrados podrían crear un análisis sesgado o erróneo del proceso, por lo que, se propone como trabajo a futuro crear una aplicación que permita obtener, limpiar y almacenar (formato .CSV) de manera automática el registro de eventos ya obtenido u otros registros de eventos que tengan las mismas características y con ello evitar la obtención de malos resultados al aplicar las técnicas de la minería de procesos. Además, sería muy valioso que a futuro se pueda incluir el conocimiento del experto en el proceso de atención de servicios al cliente junto con la documentación completa del proceso, con la finalidad de combinar estos recursos con las diferentes técnicas de minería de procesos para obtener nuevos conocimientos y generar análisis más completos y formales.

Finalmente, también sería importante generar a través de los diferentes algoritmos de descubrimiento de la minería de procesos otros modelos en donde se puedan observar valores de calidad como índice de precisión, generalización, simplicidad, etcétera y contrastar los modelos obtenidos para identificar el mejor.

Referencias

Aguirre, H. S. & Rincón, N. (2015). Minería de procesos: desarrollo, aplicaciones y factores críticos. *Cuadernos de Administración*, 28(50), 137-157. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao28-50.mpda>

- Bozkaya, M., Gabriels, J. & Van der Werf, J. M. (2009). Process diagnostics: A method based on process mining. In A. Kusiak, & S. Lee. *International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, (pp. 22–27). IEEE. <https://doi.org/10.1109/eKNOW.2009.29>
- Checoli, C. A., Vecino, S. M., Scalabrin, E. E. & Portela, S. E. (2020). An extended model for remaining time prediction in manufacturing systems using process mining. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.003>
- Fuentes, R. S., Domínguez, C. A., García, P. G., Romero, L. P. y Leyva, P. L. (2019). Caracterización de la producción científica en el área disciplinar de la minería de proceso. *Investigación bibliotecológica*, 33(78), 193-216. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2019.78.57925>
- González, G. A., Leal, R. L., Martínez, C. D. & Morales, F.D. (2019). Herramientas para la gestión por procesos. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 15(28), s/p. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409659500003>.
- González, M. A. (2006). Desarrollo de Técnicas de minería de datos en procesos industriales: modernización en línea de producción de acero. [Memoria de titulación para optar al título de Doctora en Ingeniería, Universidad de la Rioja]. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=1166>
- Hernán, R. M. & Bayone-Oré, S. (2019). Algoritmos de minería de proceso para el descubrimiento automático de procesos. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (31), 33-49. <https://doi.org/10.17013/risti.31.33-49>
- Merchán E., Mero K. & Mero C. (2021). Técnicas aplicadas a la minería de proceso: Revisión sistemática. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14 (9), 148-162. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/950>
- Orellana, G. A. (2018). Otra revisión crítica de la minería de procesos, apuntando a los flujos de procesos hospitalarios. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2), 104-125. <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=1692>
- Santos, G. C., Meinheim, A., Faria, J. E., Rosano, D. M., Vecino, S. D., Ribeiro, C. D., Portela, S. E. & Scalabrin, E. (2019) Process mining techniques and applications – A systematic mapping study. *Expert System with Applications*, 133(s/n), 260-295. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.05.003>
- Silva, O. A. (2017). Metodología para el análisis de procesos de negocio basada en minería de procesos y datos. [Memoria de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil Informático, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio Institucional USM. <http://hdl.handle.net/11673/14074>
- Van der Aalst, W. (2016). Process mining. Data science in action (2nd Ed.). Springer editors.

- Van der Aalst, W. (2012). Process mining: overview and opportunities. *ACM - Transactions on Management Information Systems*, 3(2), 1-17. <https://doi.org/10.1145/2229156.2229157>
- Van der Aalst, W. (2013). Service mining: Using process mining to discover, check, and improve service behavior. *Services Computing, IEEE Transactions*, 6(4), 525-535. <https://doi.org/10.1109/TSC.2012.25>
- Van der Aalst, W., Adriansyah, A., Alves de Medeiros, A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., Chandra, B., Van den Bra, P., Brandtjen, R., Buijs, J., Burattin, A., Carmona, J., Castellanos, M., Claes, J., Cook, J., Costantini, N., Curbera, F., Damiani, E., De Leoni, M., ... Wynn, M. (2011). Process mining manifesto. In *Proceedings of the International Conference on Business Process Management* (pp. 169-194). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28108-2_19
- Weijters, A. J., Van der Aalst, W. & Alves de Medeiros, A. K. (2006). Process Mining with Heuristics Miner Algorithm. BETA Working Paper. Technische Universiteit Eindhoven. <https://research.tue.nl/nl/publications/process-mining-with-the-heuristicsminer-algorithm>

Biestabilidad perceptual en rostros andróginos: análisis del efecto de congruencia semántica considerando registros de actividad oculomotora

Guillermo Rodríguez-Martínez¹, Jairo Roberto Sojo Gómez²

guillermo.rodriguez@utadeo.edu.co; jairo.sojo@utadeo.edu.co

¹ Profesor Titular, Doctor en Psicología, Área de Publicidad, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Carrera 4 No. 22-63, código postal 110311, Barrio Las Nieves, Bogotá, Colombia.

² Profesor Asociado II, Magíster en Publicidad, Área de Publicidad, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Carrera 4 No. 22-63, código postal 110311, Barrio Las Nieves, Bogotá, Colombia.

Pages: 133-147

Resumen: Los rostros andróginos, por presentar una indefinición en cuanto al reconocimiento de su género, se inscriben en la categoría de imágenes biestables. Es posible desambiguar su género dependiendo de la forma en que se mire el rostro y también en consideración a estímulos acústicos que, por su carga semántica, pueden influenciar o modular su interpretación en cuanto al género. El presente estudio tuvo por objetivo analizar el efecto modulador que puede tener un tono de voz femenino en el reconocimiento de género de una imagen andrógina, considerando las áreas fijadas ocularmente por parte de los observadores. 24 participantes tomaron parte de una prueba experimental realizada frente a un dispositivo de registro de movimientos oculares (referencia Tobii T-120). Los resultados muestran que la modulación acústica repercute en la duración de las fijaciones oculares en la boca, la nariz y el cabello del rostro andrógino, cuando se le atribuye que es femenino.

Palabras-clave: Andróginos; Percepción Biestable; Congruencia Semántica; Fijaciones Oculares; Modulación Perceptual.

Perceptual bistability in androgynous faces: analysis of the effect of semantic congruence considering records of oculomotor activity.

Abstract: Androgynous faces, for presenting a lack of definition regarding the recognition of their gender, belong to the category of bistable images. It is possible to disambiguate their gender depending on the way the face is viewed and also by using auditory stimuli that, due to their semantic load, can influence or modulate their interpretation in terms of gender. The objective of this study was to analyze the modulating effect that a female tone of voice can exert on the gender recognition of an androgynous image, considering the areas visually fixed by observers. 24 participants took part in an experimental test performed in front of an eye-tracker

device (reference Tobii T-120). The results show that the auditory modulation affects the duration of the ocular fixations in the mouth, nose and hair of the androgynous face, when it is attributed that it is feminine.

Keywords: Androgynous; Bistable Perception; Semantic Congruency; Eye Fixations; Perceptual Modulation.

1. Introducción

Las imágenes andróginas tienen la característica particular de generar una ambigüedad en cuanto a la estimación que de ellas pueda hacer un observador en términos de catalogarlas como masculinas o femeninas, debido a sus rasgos físicos (Nowak & Rauh, 2005). Siendo la androginia una categoría que emerge en función del género que proyecta un ser humano por su apariencia física (Secor, 1974), se ha considerado que una de las partes constitutivas del cuerpo humano por la que mayormente se reconoce el género al que pertenece (en términos de la dualidad masculino-femenino) es el rostro (Baudouin & Tiberghien, 2002). En coherencia con los planteamientos de Rotter y O'Connell (1982), un rostro andrógino supone una ambigüedad de tipo visual, donde la definición conceptual del género al que pertenece el rostro no puede determinarse con facilidad por parte del observador, al punto de que inclusive la cara puede interpretarse como masculina, femenina, o de género neutro. En ese orden de ideas, las posibilidades que existen en cuanto al reconocimiento del género permiten que los rostros andróginos sean inscritos en la categoría de imágenes biestables (Rodríguez-Martínez & Castillo-Parra, 2018), esto porque este tipo de imágenes posee la característica específica de poder ser interpretada de diferentes maneras por parte del observador, sin que sea posible que se den dos o más interpretaciones de manera simultánea (Long & Toppino, 2004).

En el contexto de la psicología de la percepción visual, el fenómeno que implica una dualidad en la interpretación de una imagen por sus características ambiguas se conoce con el nombre de percepción biestable (Weilnhammer, Chikermane, & Sterzer, 2021). El salto de una interpretación a otra se conoce con el nombre de reversibilidad perceptual (Pitts, Nerger, & Davis, 2007; Rodríguez-Martínez, Marroquín-Ciendúa, Rosa & Castillo-Parra, 2022). Así, en el contexto de la identificación de uno u otro género en un rostro andrógino, puede darse que el observador pasa de una percepción A (por ejemplo, rostro masculino) a otra B (rostro femenino), donde las alternancias entre perceptos reivindican la presencia de cambios en la interpretación de la imagen, conocidos con el nombre de reversibilidades perceptuales (Zacharia, Ahuja, Kaur, & Sharma, 2020).

Las imágenes biestables, también llamadas figuras ambiguas, presentan esa dualidad en su interpretación debido a las características físicas de sus elementos constitutivos a nivel de diseño, como son trazos, rellenos, texturas, color, etc. (Rodríguez-Martínez, Castillo-Parra, Rosa & Marroquín-Ciendúa et al., 2021). Cuando las características físicas del estímulo visual biestable inciden en el salto de una interpretación a otra, se habla de una modulación perceptual (Marroquín-Ciendúa et al., 2020), esto es, un factor que influencia o incide en la configuración que hace un observador de un determinado percepto (Hsiao, Chen, Spence, & Yeh, 2012). Esa influencia perceptual, ocasionada por las características físicas del estímulo visual, o también por el modo en que el observador mira la imagen, se denomina modulación perceptual de tipo abajo-arriba (en inglés, *bottom-up perceptual modulating process*), justo como lo documentan Rodríguez y

Castillo (2018). Debe acá ser señalado que, de hecho, aparte de la modulación *bottom-up*, está la de tipo *top-down* (de arriba a abajo), donde la interpretación que se hace de las imágenes ambiguas está influenciada por información exógena al estímulo visual, que puede ser estimulación proveniente del ambiente o información almacenada en la memoria del observador (Intaitė, Noreika, Šoliūnas, & Falter, 2013) y que entra a jugar un papel en el proceso perceptual (Kanai, Carmel, Bahrami, & Rees, 2011).

1.1. Técnicas *eye-tracking* y modulación perceptual en rostros andróginos

El movimiento del ojo humano ha sido objeto de estudio durante más de dos centurias (Rayner, 1998). En esencia, las técnicas de registro de actividad oculomotora permiten monitorear los movimientos oculares, incluyendo las dilataciones pupilares (Rosa, 2015). Mediante estas técnicas, es posible determinar áreas específicas de fijación ocular, la duración de dichas fijaciones, los patrones vectoriales de los movimientos sacádicos, entre otras medidas (Tien, Pucher, Sodergren, Sriskandarajah, Yang, & Darzi, 2014). Dado que mediante las técnicas *eye-tracking* es posible definir áreas específicas de una imagen con el ánimo de establecer relaciones de causalidad o asociaciones entre las zonas observadas y una determinada respuesta o reacción de un observador (Chita-Tegmark, 2016), ellas permiten ser incorporadas dentro de la instrumentalización que se dirime para efectos de cotejar hipótesis por las cuales develar la relación que existe entre patrones de fijaciones y de movimientos oculares durante la decodificación de imágenes ambiguas (e.g. García-Pérez, 1989; Rodríguez-Martínez et al., 2021; Ruggieri & Fernandez, 1994).

En el contexto de la investigación adelantada para analizar la incidencia de los movimientos oculares sobre la percepción de imágenes biestables, se encuentran diversos estudios relacionados con el fenómeno de la congruencia semántica (e.g. Hsiao, Chen, Spence, & Yeh, 2010; Hsiao et al., 2012; Marroquín-Ciendúa et al., 2020; Yeh, Hsiao, Chen, & Spence, 2011). La base de los diseños metodológicos de este tipo de estudios se basa en proveer, durante la tarea experimental, información exógena a la estimulación visual de naturaleza biestable, de manera tal que el observador reciba cargas semánticas mediante estímulos no visuales que influyeran o modulen la interpretación de la imagen ambigua. La relación dada por la correspondencia entre el percepto configurado de la imagen biestable y la carga semántica de la información exógena marca la manifestación de la congruencia semántica (Hsiao et al., 2012).

Sea considerado, de conformidad con lo mencionado en párrafos anteriores, que un observador puede identificar un rostro andrógino como masculino o femenino, dependiendo tanto de sus características físicas como de la información exógena que provenga del ambiente en el momento en el que se hace la observación (Marroquín-Ciendúa et al., 2020). Como ya se acotó, para el primer caso la modulación es de tipo *bottom-up*, y para el segundo, cuando se manifiesta el efecto de congruencia semántica, de tipo *top-down*. Smith, Grabowecki y Suzuki (2007) realizaron un experimento en el que un rostro andrógino fue expuesto para que los observadores reportaran si les parecía masculino o femenino. La particularidad del experimento residió en que, mientras los observadores miraban el rostro andrógino, audios relacionados con tonalidades de voz masculinas y femeninas eran expuestos, buscando de esta manera establecer si la escucha de una u otra frecuencia sonora modulaba la percepción del

género del rostro. En efecto, el estudio develó que la estimulación sonora influyó de manera significativa la interpretación que del rostro andrógino hacían los observadores en relación con la identificación de un género. Así, cuando fue provista una estimulación sonora referida a un tono de voz masculino, se reportaba la identificación del género masculino al rostro andrógino expuesto. Por su parte, al ver el mismo rostro andrógino, se identificaba su género como femenino cuando el audio provisto se correspondía con una tonalidad de voz femenina. En ese sentido, se hizo manifiesta una desambiguación de la neutralidad propia del rostro andrógino en cuanto a su género, emergiendo una modulación mediada por las cargas semánticas propias de las dos tonalidades de voces utilizadas en la tarea experimental, en línea con los planteamientos y hallazgos de Frassinetti, Bolognini y Làdavas (2002), Hsiao y colaboradores (2012), Marroquín-Ciendúa y colaboradores (2020) y Stein (1998). El mecanismo de modulación implicado fue el de tipo *top-down*, donde se hace manifiesto el efecto de congruencia semántica y se logra hacer una desambiguación de la imagen biestable, esto es, del rostro andrógino, en términos de una atribución de género.

En lo que respecta a modulaciones de tipo *bottom-up*, se alude a que los contornos, trazos, texturas y, en general, las características físicas de las imágenes ambiguas generan su propio efecto modulador (Marroquín-Ciendúa et al., 2020), esto debido a la saliencia atencional propia de dichas características, donde la atención puede dirigirse hacia ciertas áreas, haciendo que las fijaciones oculares se manifiesten en zonas específicas que pueden condicionar la interpretación del estímulo visual (e.g. Rodríguez-Martínez et al., 2021).

Lo anterior respalda lo que Fisher (1967) había referido en el sentido de que mediante el énfasis dado a ciertos trazos del estímulo biestable es posible favorecer más la configuración perceptual de uno de sus posibles perceptos. Debe, en consecuencia, ser estimado que la percepción de ciertas imágenes biestables puede ser modulada desde una *desambiguación*, donde puede mediar la implementación de un efecto de *priming* perceptual (Cox & Hong, 2015). La desambiguación de estímulos biestables puede también producirse mediante la exposición previa de cada percepto posible de la imagen biestable (sin posibilidad de que exista biestabilidad), de forma tal que dicha exposición contribuya a que el observador perciba el percepto desambiguado cuando con posterioridad observa la imagen biestable (Bugelski & Alampay, 1961; Qiu et al., 2009). Como se aprecia en la figura 1, las imágenes de los extremos se convierten en desambiguadores de la imagen biestable, expuesta en el centro (Intaité et al., 2013).

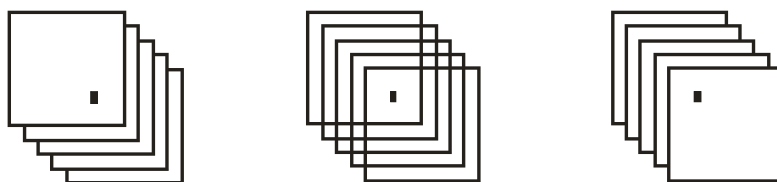


Figura 1 – Ejemplo de posibles moduladores de la percepción biestable. La imagen biestable (en el centro) se denomina *The overlapping squares*. En los extremos están las dos imágenes desambiguadoras. Adaptado de Intaité et al. (2013).

En el caso ilustrado en la figura 1, sucede que los elementos desambiguadores son de modalidad sensorial visual, por lo que se entiende que existe una modulación *unimodal*, dado que el estímulo biestable es también visual. Así, es expuesta una imagen desambiguada previamente a la exposición de la imagen biestable, de modo tal que la información provista en la primera exposición repercute en la percepción ulterior (Qiu et al., 2009). Cuando la forma de la imagen desambiguada observada previamente a la imagen biestable impacta en la interpretación del percepto de la imagen biestable que se corresponde a dicha forma, está haciendo presencia el llamado *efecto de adaptación* (Intaité et al., 2013; Javadi & Wee, 2012), que está acompañado de un despliegue de la atención (*deployment of attention*) (Gulan & Valerjev, 2010), que a su vez repercute en la búsqueda del percepto objetivo (*target stimuli*) durante la observación de la imagen ambigua (Qiu et al., 2009). Otros estudios también han demostrado cómo los trazos y las características físicas que definen una imagen ambigua ejercen un efecto modulador que condiciona su percepción (e.g. Chastain & Burnham, 1975; García-Pérez, 1989).

1.2. Biestabilidad perceptual de los rostros andróginos

En el caso de los rostros andróginos, que tienen la característica de las imágenes biestables de admitir dos interpretaciones diferentes (Smith et al., 2007), los mecanismos de tipo atencional y perceptual implicados en la observación de los demás estímulos biestables, incluyendo los de tipo perspectivo, como el cubo de Necker (e.g. Wernery, Atmanspacher, Kornmeier, Candia, Folkers, & Wittmann, 2015), también se hacen manifestos, incluyendo posibles modulaciones dadas por la manera en que se observa el rostro o por características particulares de él (Yang, Chen, Hu, Zheng, & Wang, 2015). En efecto, la emergencia del fenómeno de la androginia ha propiciado el interés en los investigadores por develar, mediante técnicas *eye-tracking*, si los rostros andróginos se identifican más con uno u otro género en función de la dualidad masculino-femenino, y si generan más atracción dependiendo del género del observador y de la forma en que se les observa (e.g. D'Ascenzo, Tommasi, & Laeng, 2014; Yang et al., 2015).

Dado que con las técnicas *eye-tracking* es posible establecer patrones en las fijaciones oculares, lo mismo que su duración, su localización en términos de coordenadas, más los vectores y recorridos de los movimientos sacádicos, los cambios en la pupila, entre otros (Tien et al., 2014), su instrumentalización puede aportar en la revisión de los mecanismos de modulación perceptual implicados en la interpretación de un rostro andrógino, esto porque este tipo de estímulo visual se inscribe en la categoría de imágenes biestables y posibilita que se reconozcan patrones de fijación que inciden en su interpretación (Yang et al., 2015). Adicionalmente, se reconoce que en la identificación del género de un rostro hacen presencia factores perceptuales tanto de tipo *top-down* como de naturaleza *bottom-up* (Latinus, VanRullen, & Taylor, 2010). Si bien para el caso de las modulaciones *bottom-up* son las áreas del rostro más ciertos contornos y características específicas las que pueden influenciar la identificación de género, incluyendo la expresividad, la edad, entre otros rasgos (Javadi & Wee, 2012), se ha señalado que, en términos de modulaciones de tipo *top-down*, una voz humana puede condicionar esa identificación, donde el género atribuible a la voz elicit el efecto de congruencia semántica, logrando que el observador identifique en el rostro andrógino el género al que se corresponde la voz en cuestión. Lo anterior ratifica la importancia que tienen las voces cuando se trata

de reconocer el género de un rostro humano (Campanella & Belin, 2007; von Kriegstein, Kleinschmidt, Sterzer, & Giraud, 2005).

El estudio que acá se documenta tuvo por propósito establecer si al presentar un rostro andrógino junto a una estimulación auditiva con carga semántica relativa a un género en particular (femenino), variaban o no significativamente los patrones de fijaciones oculares sobre partes específicas del rostro. Tomando como referentes estudios que demuestran que es posible modular o influenciar la interpretación de un rostro andrógino mediante la exposición simultánea de un audio con una carga semántica relativa a un género sexual en específico (e.g. Smith et al., 2007), el presente estudio se centró en determinar cómo varían las duraciones de las fijaciones oculares en cinco áreas del rostro andrógino, considerando el reporte dado en cuanto a la identificación del género (hombre o mujer), primero en una condición que no implicase una modulación acústica, luego en una condición que sí contuviera una estimulación auditiva con una carga semántica relativa al género femenino.

Dado que los audios de voces o de tonalidades que representan inequívocamente una voz femenina o una voz masculina pueden producir un efecto desambiguador en relación a la interpretación de una imagen ambigua (e.g. Hsiao et al., 2012; Rodríguez-Martínez et al., 2021) o de un rostro andrógino, en función de efectos moduladores de tipo *top-down* (Smith et al., 2007; Latinus et al., 2010), se quiso cotejar cómo ese potencial efecto (efecto de congruencia semántica) impactaba la observación del estímulo visual ambiguo en términos de los patrones de las fijaciones oculares y sus duraciones, en potenciales zonas de modulación *bottom-up*.

En ese orden de ideas, dentro del área del rostro se seleccionaron zonas de observación para efectos de analizar la variación que podían tener los patrones y las duraciones de las fijaciones oculares durante el proceso de observación del estímulo visual biestable en cuestión, en consideración al género identificado del rostro andrógino. De esta manera, se quiso revisar la relación existente entre las áreas de fijación ocular y la identificación de un género en el rostro ambiguo, de manera tal que se compararan las duraciones de las fijaciones oculares sobre las zonas del rostro por cada reporte dado (rostro masculino o rostro femenino). Se buscó, de esta forma, analizar, por separado, las diferencias de tiempo de las fijaciones oculares por cada área y según el reporte dado, primero cuando la imagen andrógina fuese exhibida sin modulación acústica, y, después, cuando se presentase en simultánea con un audio modulador.

2. Metodología

Se apeló al diseño de una tarea visual que consistió en exhibir durante 4 segundos un rostro andrógino de una persona joven. La imagen en cuestión (ver figura 2), elaborada de manera digital en línea con los planteamientos metodológicos de Smith et al. (2007), se presentó en el monitor de un dispositivo de registro de actividad oculomotora de referencia Tobii®, *Eye-tracker Fijo* de 120 Hz. (T-120). 24 participantes fueron seleccionados ($M = 21.08$; $D.E. = 1.411$; Hombres = 50%; Mujeres = 50%) para que observaran el rostro y reportaran qué género identificaban en la imagen observada. Estos 24 participantes fueron divididos en 2 grupos, esto en razón a que el grupo número 1 debía observar el rostro sin presencia de ninguna estimulación auditiva en

simultanea. Por su parte, el grupo número 2 debía observar la cara andrógina mientras que simultáneamente escuchaban la voz de una mujer joven (solamente el tono, sin que se pronunciaran palabras reconocibles).

Se registró la actividad oculomotora de los dos grupos y se identificaron los tiempos de cada una de las fijaciones oculares realizadas en 5 áreas de interés (AOIs) que implicasen una potencial orientación para con la identificación del género del rostro. Esas 5 zonas fueron: el ojo derecho, el ojo izquierdo, la nariz, la boca y el cabello. Si bien en el momento de configurar las AOIs para efectos de seleccionar las potenciales áreas de modulación *bottom-up* se marcaron también las cejas y zonas en el cuello y en la parte alta del tronco del sujeto andrógino (ver figura 2), solamente se consideraron las 5 áreas previamente descritas. El estudio consideró las duraciones de las fijaciones oculares manifestadas en esas 5 áreas definitorias del rostro y la cabeza como la medida base para la realización de los análisis, tomando en consideración los aportes metódicos y paradigmáticos sugeridos por Rosa (2015). El paradigma de investigación también se basó en los aportes metodológicos implementados por Smith y colaboradores (2007).

La tarea experimental se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de psicología y neuropsicología de la empresa Neuromind S.A.S, con sede en Medellín, Colombia. Todos los participantes firmaron el correspondiente consentimiento informado antes de las pruebas, y cada uno de ellos reportó no tener ningún antecedente clínico referido a deficiencias cognitivas y perceptuales. Así mismo, todos ellos, al momento de realizar la tarea visual, tenían su visión en perfecto estado o utilizaban lentes de contacto idóneos para observar la pantalla del dispositivo *eye-tracker* fijo a una distancia de 60 centímetros, que fue la longitud elegida para separar el monitor de los participantes, en línea con lo implementado por Rodríguez-Martínez y colaboradores (2021).



Figura 2 – Rostro andrógino utilizado en la tarea experimental (izquierda). Áreas de interés (AOIs) configuradas para el análisis de fijaciones oculares (derecha). Para los análisis, se desestimaron las zonas del cuello y las partes por debajo del mentón, lo mismo que las cejas. De 9 AOIs preseleccionadas (ver imagen a la derecha), se consideraron únicamente: el cabello (número 1), el ojo derecho (número 4), el ojo izquierdo (número 5), la nariz (número 6), y la boca (7). Fuente: Diseño propio.

Los datos capturados con el dispositivo de registro de actividad oculomotora fueron procesados con el software Tobii Studio®, versión 3.2. Los procesamiento estadísticos se realizaron con el software SPSS Statistics® (v.23). Se compararon las medidas relativas a duraciones de las fijaciones oculares en las AOIs seleccionadas, considerando la ausencia o presencia de modulación acústica, y también estimando el reporte dado por los participantes frente al género identificado para la imagen andrógina observada.

3. Resultados y discusión

Las fijaciones oculares registradas durante las pruebas evidenciaron que durante la observación del rostro andrógino diversas partes del rostro son observadas, existiendo una mayor concentración de las miradas, desde un análisis descriptivo observado en un mapa de fijaciones oculares (*gaze map*), en las zonas de los ojos, la nariz y la boca, como se puede apreciar en la figura 3.

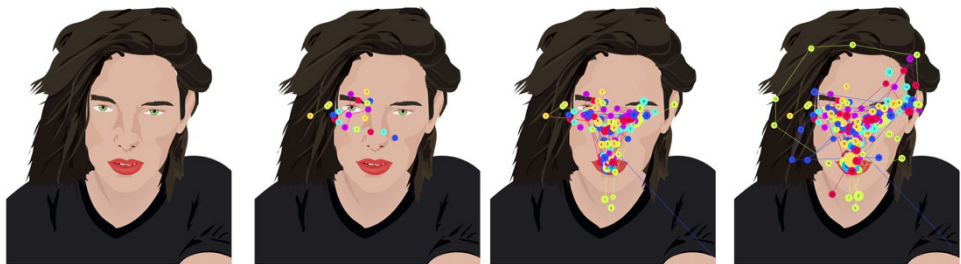


Figura 3 – Secuencia del mapeo de fijaciones oculares (*gaze map*).

Al analizar las fijaciones oculares manifestadas en las AOIs seleccionadas y diferenciando la observación sin modulación de aquella que implicó una modulación acústica (voz en tonalidad de mujer), se encuentran diferencias, justo como puede apreciarse en la tabla 1 y en las figuras 4 y 5. Para el caso del grupo que observó la imagen sin ningún estímulo acústico modulador (grupo 1, en lo sucesivo), en el momento de revisar cada una de las áreas de interés en consideración al género identificado, sólo se encontró una diferencia estadísticamente significativa en lo referente a duraciones de las fijaciones oculares: fue el caso de las observaciones hechas en la boca, en consonancia con el reporte “mujer”, donde las fijaciones oculares tuvieron una duración significativamente más larga ($M = 1.3316$; $D.E. = 0.419$; $t(11) = -4.624$; $p = 0.002$; diferencia de medias a favor de las duraciones de las fijaciones oculares sobre el percepto hombre, $M = 0.9716$). Para el caso de los otros 4 comparativos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (duración de las fijaciones oculares en ojos, cabello y nariz).

Reporte	Área	Media (fijaciones)	D.E.	Valor <i>t</i>	Varianza	Valor <i>p</i>
Hombre	Ojo Derecho	0.6683	0.556		0.3099	
Mujer	Ojo Derecho	0.3266	0.319	-1.327	0.1023	0.120913

	Reporte	Área	Media (fijaciones)	D.E.	Valor <i>t</i>	Varianza	Valor <i>p</i>
No modulado	Hombre	Ojo Izquierdo	0.4933	0.52		0.2711	
	Mujer	Ojo Izquierdo	0.335	0.41	0.484	0.1746	0.324219
	Hombre	Cabello	0.3433	0.522		0.2729	
	Mujer	Cabello	0.235	0.252	0.723	0.0637	0.250875
	Hombre	Nariz	0.4216	0.299		0.0899	
	Mujer	Nariz	0.4233	0.269	-0.007	0.0724	0.497092
	Hombre	Boca	0.9716	0.398		0.1591	
	Mujer	Boca	1.3316	0.419	-4.624	0.1763	0.002856
	Hombre	Ojo Derecho	0.5983	0.488		0.2388	
	Mujer	Ojo Derecho	0.3066	0.217	1.544	0.0473	0.091616
	Hombre	Ojo Izquierdo	0.3566	0.402		0.1623	
	Mujer	Ojo Izquierdo	0.2033	0.198	0.767	0.0393	0.238733
Modulado	Hombre	Cabello	0.3416	0.456		0.2081	
	Mujer	Cabello	0.4983	0.386	- 4.349	0.1491	0.021983
	Hombre	Nariz	0.3316	0.152		0.0233	
	Mujer	Nariz	0.9666	0.366	2.015	0.1346	0.003680
	Hombre	Boca	0.6216	0.302		0.0916	
	Mujer	Boca	1.8333	0.233	-7.822	0.0546	0.000274

Tabla 1 – Duración de las fijaciones oculares en partes distintivas del rostro andrógino (sin audio modulador).

En el caso del grupo cuya tarea visual estuvo acompañada de la estimulación acústica moduladora (grupo 2), salvo los dos ojos del rostro andrógino, los otros elementos sí marcaron una diferencia significativa en términos de las duraciones de las fijaciones oculares, donde la mayor duración tanto en boca, nariz y cabello se correspondió con la identificación del género femenino, coherente con la carga semántica del modulador acústico. Este hallazgo es relevante, y pone de manifiesto que la modulación de *tipo top-down* incide en la duración de las fijaciones oculares, lo que conlleva a que, adicionalmente, se identifiquen potenciales áreas moduladoras de tipo *bottom-up*, a saber, la boca, la nariz y el cabello. Al comparar las duraciones de las fijaciones oculares en estas zonas del rostro, haciendo el cotejo entre los reportes “hombre” y “mujer”, se encuentran las diferencias significativas a favor de la parte del rostro ligada al reporte del género femenino (equivalente a la modulación acústica): AOIs Boca, reporte mujer: ($M = 1.8333$; $D.E. = 0.233$; $t(11) = -7.822$; $p = 0.0002$; diferencia de medias a favor de las duraciones de las fijaciones oculares sobre el percepto hombre, $M = 0.6216$); AOIs Nariz reporte mujer: ($M = 0.9666$; $D.E. = 0.366$; $t(11) = -2.015$; $p = 0.003$; diferencia de medias a favor de las duraciones de las fijaciones oculares sobre el percepto hombre, M

= 0.3316); AOIs Cabello reporte mujer: ($M = 0.4983$; $D.E. = 0.386$; $t(11) = -4.349$; $p = 0.021$; diferencia de medias a favor de las duraciones de las fijaciones oculares sobre el percepto hombre, $M = 0.3416$).

En atención a estos resultados, sobresale, en primera instancia, que aparentemente los ojos no juegan un papel preponderante en la identificación del género de un rostro androginio, o, al menos, no se convierten en factores de desambiguación del tipo *bottom-up*. En segunda medida, y advirtiendo la presencia de una modulación semántica, en el grupo número dos se distingue una diferencia atencional hacia tres partes constitutivas del rostro que se relacionan con la identificación del género que es correspondiente a la carga semántica del tono de voz del modulador acústico, en línea con los hallazgos de Smith y colaboradores (2007). Así, se reconoce una modulación de tipo *top-down* provista también por tonos de voces, donde, además, esa modulación se relaciona con una mayor cantidad de fijaciones oculares sobre áreas críticas de modulación *bottom-up*, como se encontró en el estudio de Rodríguez-Martínez y colaboradores (2021).

Para una mejor comprensión de los resultados, se puede relacionar la figura 4, donde se establece la comparación de las duraciones de las fijaciones oculares en las 5 áreas de interés, para los reportes dados por los participantes de los dos grupos en relación a la identificación de un rostro femenino. Como lo muestra la gráfica, las fijaciones aumentan en las AOIs identificadas como cabello, nariz y boca. En consonancia con los datos y resultados, se presenta una tendencia creciente en los dos grupos por tener fijaciones oculares más en la boca y en la nariz que en el cabello, y poca atención sobre los ojos.

Varias consideraciones se deben tomar en cuenta según lo anteriormente descrito: en primer término, la forma en que se mira un rostro andrógino sí incide en la identificación que se haga de su género (D'Ascenzo et al., 2014). Asociado a lo anterior, desde la literatura científica se ha reconocido la potencial incidencia que tienen rasgos y características del rostro, específicamente en lo que atañe a la nariz, la boca y los ojos, desde un reconocimiento del conjunto integrado para el reconocimiento de un rostro, o desde el manejo de máscaras que permitan aislar cada parte del rostro para determinar su incidencia en la identificación del género (e.g. Brown & Perrett, 1993; Roberts & Bruce, 1988; Yamaguchi, Hirukawa, & Kanazawa, 2013). En ese sentido, los resultados obtenidos también marcan la relativa incidencia que tienen las partes constitutivas del rostro en la identificación de un género, más allá de que el presente estudio utiliza una imagen andrógina que, por estar inscrita dentro de los mecanismos perceptuales de la percepción biestable, necesariamente supone una ambigüedad, donde factores de tipo estocástico implicados en ese tipo de percepción están involucrados (van Ee, 2009). Sin embargo, los procesos de modulación justamente emergen como posibilidades para una desambiguación de la imagen indefinida, donde los modelos de tipo *top-down* y de tipo *bottom-up* asumen su papel (Intaité et al., 2013; Latinus et al., 2010).

Considérese también la identificación del percepto masculino de la imagen andrógina objeto de estudio: ¿acaso la modulación inversa que para ese percepto fue la voz en tonalidad femenina evidenció, de alguna manera, un eco en un decremento de las duraciones de las fijaciones oculares en áreas que, de conformidad con los resultados presentados, resultan ser más observadas al querer identificar el género de un rostro andrógino? Siguiendo los resultados y atendiendo lo visualizado en la figura 4, sí se da

una menor cantidad de tiempo en las fijaciones oculares manifestadas en la nariz y en la boca cuando hizo presencia el modulador acústico.

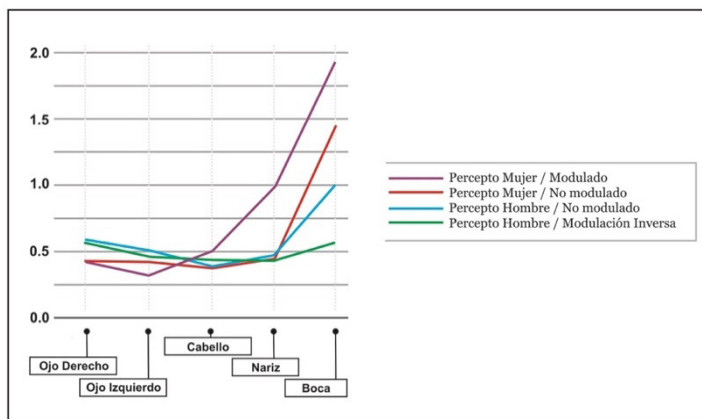


Figura 4 – Comparativo de las duraciones de las fijaciones oculares en las cinco AOIs en cuanto a la relaci3n a la identificaci3n del g3nero masculino en el rostro andr3gino, considerando la presencia o ausencia de modulaci3n ac3stica.

Si se hace el comparativo total, es decir, revisar la variaci3n de las fijaciones oculares seg3n el percepto identificado (g3nero), considerando ausencia de modulaci3n y presencia de ella (donde esta 3ltima implica una modulaci3n adicional inversa frente a la identificaci3n del g3nero masculino, por como se dise1n3 la tarea experimental), se tiene que la boca es el 3rea mayormente vista en la combinaci3n percepto femenino modulado e identificado (ver figura 4). A la nariz y el cabello les pasa algo similar, aunque en menor proporci3n.

Por la manera en que se dise1n3 la tarea, el presente estudio tiene varias limitantes a considerar. Primero, no se involucr3 un modulador ac3stico para el percepto masculino, lo que hubiese permitido esclarecer a3n m3s los efectos moduladores desde dise1nos experimentales m3s robustos (por ejemplo, de tipo factorial). Segundo, los participantes estuvieron en libertad de empezar a ver la imagen por donde desearan, hecho que no permiti3 controlar el primer punto de fijaci3n, que en muchos experimentos de este tipo es algo a estimar (e.g. Hsiao et al., 2012). Y tercero, la consideraci3n de diversos factores como la edad de los rostros andr3ginos a analizarse m3s el posible involucramiento de otras variables como el sexo del participante (e.g. Cellerino, Borghetti, & Sartucci, 2004), podr3an abonar en la explicaci3n del fen3meno perceptual implicado en la observaci3n e identificaci3n de g3nero de un rostro andr3gino. En todo caso, desde los resultados obtenidos en este estudio, se reconoce una variaci3n significativa en las duraciones de las fijaciones oculares sobre tres 3reas del rostro en espec3fico (boca, nariz y cabello), cuando se presenta un modulador ac3stico representativo de un tono de voz femenino en comparaci3n a la observaci3n del mismo rostro sin ning3n tipo de modulaci3n ac3stica. Esto puede estar relacionado con el hecho de que cuando se hace el reconocimiento facial de una persona, la interacci3n multimodal de la estimulaci3n visual y auditiva

juegan un papel decisivo en el proceso perceptual de identificación (Campanella & Belin, 2007; Frassinetti et al., 2002; Smith et al., 2007; von Kriegstein et al., 2005).

4. Conclusiones

La modulación acústica que se hace sobre la observación de un rostro andrógino impacta de forma significativa en las duraciones de las fijaciones oculares manifestadas en tres zonas específicas del rostro, a saber, la boca, la nariz y el cabello. Esto puede suponer que el efecto de modulación semántica implicado en la desambiguación del género de un rostro andrógino conlleva procesamiento perceptuales del tipo *bottom-up*, mediados por las fijaciones oculares realizadas en zonas potencialmente elicitoras de una determinada identificación de género. El reconocimiento del género de un rostro andrógino, bien sea masculino o femenino, implica un efecto de desambiguación, hecho que no le quita a la imagen indefinida su característica de figura biestable. En términos de aplicaciones y prospectiva, nuevas investigaciones tendrán que adelantarse, para cotejar diversas variables implicadas en la observación de una cara andrógina, como pueden ser la edad del rostro, su expresividad, el género del observador, entre otras. A futuro, y entendiendo el crecimiento que ha venido experimentando el uso de rostros andróginos en diversas comunicaciones publicitarias y corporativas, desentrañar el proceso perceptual implicado por parte de un receptor será tarea de primer orden para los investigadores que trabajan en los dominios de la percepción visual. Los procesos moduladores implicados en la decodificación de imágenes andróginas se convierten en factores de extrema relevancia frente al entendimiento del fenómeno de la biestabilidad perceptual.

Referencias

- Baudouin, J. Y., & Tiberghien, G. (2002). Gender is a dimension of face recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(2), 362. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.2.362>
- Brown, E., & Perrett, D. I. (1993). What gives a face its gender? *Perception*, 22(7), 829-840. <https://doi.org/10.1068/p220829>
- Bugelski, B. R., & Alampay, D. A. (1961). The role of frequency in developing perceptual sets. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 15(4), 205. <https://doi.org/10.1037/h0083443>
- Campanella, S., & Belin, P. (2007). Integrating face and voice in person perception. *Trends in cognitive sciences*, 11(12), 535-543. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.10.001>
- Cellerino, A., Borghetti, D., & Sartucci, F. (2004). Sex differences in face gender recognition in humans. *Brain research bulletin*, 63(6), 443-449. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2004.03.010>
- Chastain, G., & Burnham, C. A. (1975). The first glimpse determines the perception of an ambiguous figure. *Perception & Psychophysics*, 17(3), 221-224. <https://doi.org/10.3758/BF03203203>

- Chita-Tegmark, M. (2016). Attention allocation in ASD: a review and meta-analysis of eye-tracking studies. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 3(3), 209-223. <https://doi.org/10.1007/s40489-016-0077-x>
- Cox, D., & Hong, S. W. (2015). Semantic-based crossmodal processing during visual suppression. *Frontiers in Psychology*, 6, 722. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00722>
- D'Ascenzo, S., Tommasi, L., & Laeng, B. (2014). Imagining sex and adapting to it: Different aftereffects after perceiving versus imagining faces. *Vision Research*, 96, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2014.01.002>
- García-Pérez, M. A. (1989). Visual inhomogeneity and eye movements in multistable perception. *Perception & Psychophysics*, 46(4), 397-400. <https://doi.org/10.3758/BF03204995>
- Frassinetti, F., Bolognini, N., & Làdavas, E. (2002). Enhancement of visual perception by crossmodal visuo-auditory interaction. *Experimental brain research*, 147(3), 332-343. <https://doi.org/10.1007/s00221-002-1262-y>
- Fisher, G. H. (1967). Preparation of ambiguous stimulus materials. *Perception & Psychophysics*, 2(9), 421-422. <https://doi.org/10.3758/BF03208780>
- Gulan, T., & Valerjev, P. (2010). Semantic and related types of priming as a context in word recognition. *Review of psychology*, 17(1), 53-58. <https://hrcak.srce.hr/70661>
- Hsiao, J. Y., Chen, Y. C., Spence, C., & Yeh, S. L. (2010). Semantic congruency, attention, and fixation position modulate conscious perception when viewing a bistable figure. *Journal of Vision*, 10(7), 867-867. <https://doi.org/10.1167/10.7.867>
- Hsiao, J.; Chen, Y.; Spence, Ch.; Yeh, S. (2012). Assessing the effects of audiovisual semantic congruency on the perception of a bistable figure. *Consciousness and Cognition*, 21, 775-787. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.02.001>
- Intaitė, M., Noreika, V., Šoliūnas, A., & Falter, C. M. (2013). Interaction of bottom-up and top-down processes in the perception of ambiguous figures. *Vision Research*, 89, 24-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2013.06.011>
- Javadi, A.H., & Wee, N. (2012). Cross-Category Adaptation: Objects Produce Gender Adaptation in the Perception of Faces. *PLoS ONE*, 7(9): e46079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046079>
- Kanai, R., Carmel, D., Bahrami, B., & Rees, G. (2011). Structural and functional fractionation of right superior parietal cortex in bistable perception. *Current biology*, 21(3), R106-R107. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.12.009>
- Latinus, M., VanRullen, R., & Taylor, M. J. (2010). Top-down and bottom-up modulation in processing bimodal face/voice stimuli. *BMC neuroscience*, 11(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-11-36>
- Long, G., & Toppino, T. (2004). Enduring interest in perceptual ambiguity: alternating views of reversible figures. *Psychological Bulletin*, (130), 748-768. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.5.748>

- Marroquín-Ciendúa, F., Rodríguez-Martínez, G., & Rodríguez-Celis, H. G. (2020). Modulación de la percepción biestable: estudio basado en estimulación multimodal y registros de actividad oculomotora. *Tesis Psicológica*, 15(1), 106-124. <https://doi.org/10.37511/tesis.v15n1a6>
- Nowak, K. L., & Rauh, C. (2005). The influence of the avatar on online perceptions of anthropomorphism, androgyny, credibility, homophily, and attraction. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 11(1), 153-178. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2006.tb00308.x>
- Pitts, M. A., Nerger, J. L., & Davis, T. J. (2007). Electrophysiological correlates of perceptual reversals for three different types of multistable images. *Journal of Vision*, 7(1), 6-6. <https://doi.org/10.1167/7.1.6>
- Qiu, J., Wei, D., Li, H., Yu, C., Wang, T., & Zhang, Q. (2009). The vase-face illusion seen by the brain: An event-related brain potentials study. *International Journal of Psychophysiology*, 74(1), 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.07.006>
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>
- Rickel, A. U., & Anderson, L. R. (1981). Name ambiguity and androgyny. *Sex Roles*, 7(10), 1057-1066. <https://doi.org/10.1007/BF00288506>
- Rodríguez, G. & Castillo, H. (2018). Tareas de búsqueda visual: modelos, bases neurológicas, utilidad y prospectiva. *Universitas Psychologica*, 17(1), 1-12. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy17-1.tbvm>
- Rodríguez-Martínez, G. A., & Castillo-Parra, H. (2018). Bistable perception: neural bases and usefulness in psychological research. *International Journal of Psychological Research*, 11(2), 63-76. <https://doi.org/10.21500/20112084.3375>
- Rodríguez-Martínez, G., Castillo-Parra, H., Rosa, P. J., & Marroquín-Ciendúa, F. (2021). Ocular fixations modulate audiovisual semantic congruency when standing in an upright position. *Suma Psicológica*, 28(1), 43-51. <https://doi.org/10.14349/sumapsi.2021.v28.n1.6>
- Rodríguez-Martínez, G., Marroquín-Ciendúa, F., Rosa, P., & Castillo-Parra (2022). Perceptual reversals and time-response analyses within the scope of decoding a bistable image. *Interdisciplinaria: Revista de psicología y ciencias afines*, 39(1), 257-273. <https://doi.org/10.16888/interd.2022.39.1.16>
- Roberts, T., & Bruce, V. (1988). Feature saliency in judging the sex and familiarity of faces. *Perception*, 17(4), 475-481. <https://doi.org/10.1068/p170475>
- Rosa, P. (2015). What do your eyes say? Bridging eye movements to consumer behavior. *International Journal of Psychological Research*, 8(2), 90-103. <https://doi.org/10.21500/20112084.1513>
- Rotter, N. G., & O'Connell, A. N. (1982). The relationships among sex-role orientation, cognitive complexity, and tolerance for ambiguity. *Sex Roles*, 8(12), 1209-1220. <https://doi.org/10.1007/BF00287947>

- Ruggieri, V., & Fernandez, M. F. (1994). Gaze orientation in perception of reversible figures. *Perceptual and Motor Skills*, 78(1), 299-303. <https://doi.org/10.2466/pms.1994.78.1.299>
- Secor, C. (1974). Androgyny: An early reappraisal. *Women's Studies: An Interdisciplinary Journal*, 2(2), 161-169. <https://doi.org/10.1080/00497878.1974.9978348>
- Smith, E. L., Grabowecky, M., & Suzuki, S. (2007). Auditory-visual crossmodal integration in perception of face gender. *Current Biology*, 17(19), 1680-1685. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.08.043>
- Stein, B. E. (1998). Neural mechanisms for synthesizing sensory information and producing adaptive behaviors. *Experimental Brain Research*, 123(1), 124-135. <https://doi.org/10.1007/s002210050553>
- Tien, T., Pucher, P. H., Sodergren, M. H., Srisikandarajah, K., Yang, G. Z., & Darzi, A. (2014). Eye tracking for skills assessment and training: a systematic review. *Journal of surgical research*, 191(1), 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2014.04.032>
- van Ee, R. (2009). Stochastic variations in sensory awareness are driven by noisy neuronal adaptation: evidence from serial correlations in perceptual bistability. *JOSA A*, 26(12), 2612-2622. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.26.002612>
- von Kriegstein, K., Kleinschmidt, A., Sterzer, P., & Giraud, A. L. (2005). Interaction of face and voice areas during speaker recognition. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(3), 367-376. <https://doi.org/10.1162/0898929053279577>
- Weilnhammer, V., Chikermane, M., & Sterzer, P. (2021). Bistable perception alternates between internal and external modes of sensory processing. *Iscience*, 24(3), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102234>
- Wernery, J., Atmanspacher, H., Kornmeier, J., Candia, V., Folkers, G., & Wittmann, M. (2015). Temporal processing in bistable perception of the Necker cube. *Perception*, 44(2), 157-168. <https://doi.org/10.1068/p7780>
- Yamaguchi, M. K., Hirukawa, T., & Kanazawa, S. (2013). Judgment of gender through facial parts. *Perception*, 42(11), 1253-1265. <https://doi.org/10.1068/p240563n>
- Yang, T., Chen, H., Hu, Y., Zheng, Y., & Wang, W. (2015). Preferences for sexual dimorphism on attractiveness levels: An eye-tracking study. *Personality and Individual Differences*, 77, 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.12.005>
- Yeh, S. L., Hsiao, J. Y., Chen, Y. C., & Spence, C. (2011). Interplay of multisensory processing, attention, and consciousness as revealed by bistable figures. *i-Perception*, 2(8), 910-910. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00212>
- Zacharia, A. A., Ahuja, N., Kaur, S., & Sharma, R. (2020). State-dependent perception and perceptual reversals during intermittent binocular rivalry: An electrical neuroimaging study. *Neuroscience Letters*, 736, 135252. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.135252>

Aumento de disponibilidad en equipos de una empresa de polímeros enfocado en el método RCM

Jhon Vidaurre¹, Melissa Pio¹, Rebeca Reyes¹, Grimaldo Quispe¹

1413158@utp.edu.pe; 1621330@utp.edu.pe; c22277@utp.edu.pe; c18940@utp.edu.pe

¹ Univeriddad Tecnológica del Perú, Perú.

Pages: 148-160

Resumen: En las MYPE manufactureras las maquinarias carecen de un plan de mantenimiento programado debido a que se encuentran en su etapa inicial. La presente investigación nos muestra el enfoque (mantenimiento centrado en la fiabilidad) RCM y su impacto para mejorar la disponibilidad de la maquinaria en una industria de polímeros. Está basada en el análisis de maquinarias que comprende una organización, en la cual se logró mezclar la taxonomía con los criterios del (número de prioridad de riesgo) NPR, en relación a las actividades que realiza cada maquinaria y se implementó el plan de mantenimiento. Los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios y relevantes, ya que se presentó el aumento de disponibilidad promedio de 91.66 % en las máquinas críticas evaluadas (picadora, trituradora y extrusora) y de la línea dos de peletizado, logrando aplicar un plan de mantenimiento efectivo y viable para aumentar la disponibilidad de equipos en la organización.

Palabras-claves: Confiabilidad, Fiabilidad, Gestión de mantenimiento.

Analysis of the AgilePM-S Methodology: A proposal for the agile management of software projects

Abstract: In the manufacturing MYPE, the machinery lacks a scheduled maintenance plan because it is in its initial stage. This research shows us the RCM (trust centered maintenance) approach and its impact to improve the availability of the machinery that comprises an organization in a polymer industry. This research is based on the analysis of machinery, in which the taxonomy was perfected and merged with the criteria of the (risk priority number) NPR and in relation to the activities carried out by each machinery, the maintenance plan was implemented. The results obtained were satisfactory and relevant, since the average availability increase of 91.66% was presented in the critical machines evaluated (mincer, crusher and extruder) and in line two of pelletizing, managing to apply an effective maintenance plan and viable to increase the availability of equipment in the organization.

Keywords: Reliability, Reliability, Maintenance management

1. Introducción

En el Perú las medianas y pequeñas empresas contribuyen al 42% del PBI, siendo motor del impulso económico y la generación de empleo. Las MYPE que cuentan con un plan de mantenimiento alcanzan el 14.8%, de este porcentaje solamente el 91.1% realmente lo usa (INEI – Encuesta de Micro y Pequeñas Empresa, 2010), en contraste con el 75% del total de compañías formales que tienen un plan de mantenimiento para sus instalaciones y equipos. Ante un entorno de constantes cambios e inestabilidad económica y política las MYPE tienen la urgencia de permanecer competitivas, aplicando metodologías de mejora continua con éxito global como mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), que puede ser adaptado al contexto.

Las continuas paradas no programadas por carencia de mantenimiento preventivo y/o predictivo en las máquinas de las PYME manufactureras reducen la disponibilidad que se tiene programadas para la producción, debido a que la mayoría de las PYME se encuentran en una etapa inicial de la gestión del mantenimiento, es decir, en la etapa correctiva donde se actúa ante la ocurrencia de averías, y no se apoyan en métodos de planificación y control. (Ortiz et al., 2013). Actualmente existen metodologías de mejora enfocadas en una adecuada gestión del mantenimiento, entre las que sobresalen el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) que permiten prolongar la vida útil de los activos, reduciendo costos y garantizando la operatividad de las máquinas.

En la actualidad se menciona una cuarta generación del mantenimiento ya que, en los últimos años se ha vivido un crecimiento de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión de mantenimiento. El último enfoque se centra en la eliminación de las causas de falla mediante la utilización de las técnicas proactivas las cuales logran eliminarlas para que no se vuelvan a generar, mediante la implementación de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

La función del RCM es proporcionar los modos de falla en los equipos y componentes, determinación de fallas funcionales y medidas preventivas basadas en un nuevo plan de mantenimiento, esta metodología pretende mejorar la productividad de la empresa de polímeros, el efecto de esta herramienta propuesta genera una mayor productividad que beneficia a los trabajadores de la empresa y a sus clientes, del modo que, se obtiene una operación sin retrasos, productos de calidad y cumpliendo los pedidos a tiempo.

Luego de realizar la investigación en la empresa de polímeros, de evidenció altos niveles de paradas por mantenimiento correctivo que reduce la capacidad productiva e incrementa los costos de mantenimiento. La pertinencia del RCM se basa en la captación del conocimiento y el personal con experiencia de producción y mantenimiento, que en relación a los objetivos de producción identifica los fallos que requieren mantenimiento cada equipo permitiendo perfeccionar la disponibilidad de los equipos para alcanzar los resultados planificados. Es así, que el presente trabajo permite desarrollar un modelo de mantenimiento enfocado en el método RCM que favorece en gran medida al incremento de la disponibilidad de los activos, con el funcionamiento de los estándares establecidos de manera eficiente y confiable dentro del contexto operacional de la línea dos de producción en una empresa de reciclado de polímeros.

2. Metodología

La metodología de la investigación desarrolla la solución a la problemática presentada, se inicia con la recopilación de datos de la organización en el siguiente enlace <https://n9.cl/rcz88>.

Se desarrolló el análisis del diagrama Ishikawa en el cual el primer problema que obtuvimos fue la baja disponibilidad en la línea 2, luego de ello se procedió una matriz de criticidad y disponibilidad en donde se analizará el factor de mayor ponderación y precisión para ver la disponibilidad, mediante el diagrama Pareto se obtuvo los siguientes resultados A) Falta de mantenimiento, B) Falta de capacitación al operario de producción, C) Dificultad para acceder a repuestos, D) Falta de inspección durante los procesos de fabricación, E) Desorden de las herramientas y materiales de trabajo, F) Falta de indicadores,

2.1. Pasos de implementación de la metodología RCM

Moubray J, 2004 menciona los siete pasos para implementar un mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). El esquema propuesto obtiene resultados muy rápidos, está basado en la confiabilidad y enfocado en mantener la funcionalidad de las máquinas y equipos, esto se resume en el siguiente diagrama de bloques, que detalla los siguientes procesos a seguir (ver figura 1):

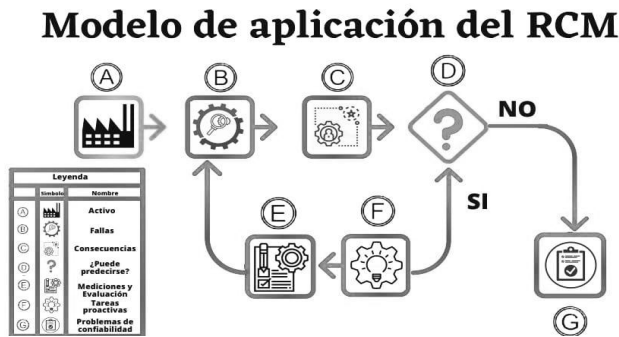


Figura 1 – Pasos de la metodología RCM

- A. Activo, es donde se debe de recopilar información de los problemas actuales que está generando dentro de la empresa.
- B. Fallas, para el siguiente paso, se puede utilizar como punto de partida para así poder pasar el siguiente paso 3, después de ello se puede aplicar la técnica del diagrama de Ishikawa para así poder encontrar la falla.
- C. Consecuencias, en el siguiente paso, es donde se describen los efectos lo que pasa dentro de un modo de falla.
- D. ¿Puede predecirse?, en este proceso se pueden identificar los modos de fallas y las fallas funcionales, ya que estos sorprenden de manera satisfactoria con mejorar el rendimiento, seguridad y también por eliminar pérdidas.

- E. Medición y evaluación, aquí se aplica los requisitos de mantenimiento para poder analizar se necesita saber que son estos recursos dispone de ellos que están sujetos al proceso de RCM.
- F. Tareas proactivas, en este paso, es donde se aplica correctamente la aplicación y la preparación minuciosa dentro RCM.
- G. Problemas de confiabilidad, por último, en este proceso una vez pasado por la revisión para cada recurso y es aprobado por el gerente y están satisfechos. Después de cada uno de ellos son aceptadas pasarán a las tareas de mantenimiento y control de mantenimiento ya que el resultado será muy exitoso y más rentable.

2.1.1. Modelo para la aplicación del RCM

Para la aplicación del RCM se usará la taxonomía para la clasificación sistemática del equipo a partir del nivel 6 según la norma ISO 14224 para la subdivisión de análisis del equipo. De esta manera, la base de datos de falla OREDA (Offshore Reliability & Data Handbook) nos permitirá evaluar las posibles fallas de la maquinaria existente, trayendo consigo la poca disponibilidad de estas lo que ocasionan cuellos de botella en el ciclo productivo teniendo en cuenta los criterios del NPR (Número de Prioridad de Riesgo). En el siguiente enlace se muestra los criterios del NPR <https://n9.cl/gtqp1>

2.1.2. Aplicación de la metodología RCM

A continuación, se detalla los pasos para realizar la aplicación del RCM. Los pasos para la implementación del RCM. (Ver figura 2)

Pasos para la aplicación del modelo RCM

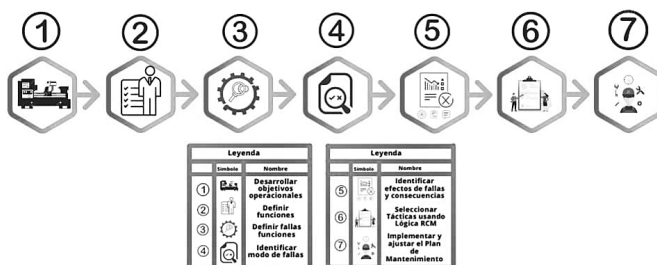


Figura 2 – Pasos para la aplicación del RCM

La metodología RCM se aplicará a las siguientes maquinas:

2.2.2. Máquina 1: Picadora

Paso 1. Selección del equipo (Evaluar Criticidad)

La máquina picadora es el principal activo que no puede realizar paradas en la línea 2, ya que representa un valor importante en la producción. Esta máquina presenta diferentes

fallos en las fajas, en las cuchillas fijas, poleas, base de rodamientos, en el jalador de trefilado y en el rodillo de goma. Por tal motivo, se realizan actualmente mantenimientos correctivos en la empresa que influyen en la disponibilidad de dicha maquinaria.

Paso 2. Definir funciones

La picadora cuenta con un sistema inversor para eliminar todo tipo de atascos que se puedan producir en el sistema de picado. Las picadoras además cuentan con un eje, bien vertical u horizontal, perpendicular al eje de la rotación, con el que golpean y mueven el forraje.

Paso 3. Definir Fallas Funcionales

La falla funcional importante que presenta la maquinaria es la alta temperatura, debido al ambiente cerrado en la que se encuentra como también otros agentes externos que se encuentran en la línea de producción.

Paso 4. Identificar Modos de Falla

El modo de falla importante que hemos encontrado es el sobrecalentamiento, debido a la falta de lubricación de las piezas mecánicas, desgaste de base de rodamientos, entre otras fallas. (ver figura 3)



Figura 3 – Desgaste de fallas de rodamientos

Paso 5. Identificar Efectos de Fallas y Consecuencias

La mayoría de las causas de que un activo se encuentre fallando es a consecuencia de una falla mecánica. Estas fallas mecánicas dependiendo en la situación en la que se encuentren pueden ser más difíciles de detectar y las causas van desde un mantenimiento no adecuado hasta una falta de mantenimiento que nos realiza la empresa en un tiempo determinado.

Estas se encuentran en el siguiente cuadro de tasas de fallo: (Ver Tabla 1)

<i>Tasa de Fallos</i>	
Causas	%
Componentes oxidados	2.8
Cables desgastados	1.2
Filo de la hoja	3.2
Bandeja sucia	1.5
Total	8.7

Tabla 1 – Tabla Porcentaje de Fallas

Paso 6. Seleccionar Tácticas usando Lógica RCM

Teniendo en cuenta los anteriores pasos se logró elaborar la siguiente ficha de evaluación de la picadora que se mostrará en los resultados posteriormente.

Paso 7. Implementar y Ajustar el Plan de Mantenimiento

Finalmente se realizará un plan de mantenimiento, que se mostrará en los resultados posteriormente para realizar un overhaul o cambios de componentes.

2.2.3. Máquina 2: Trituradora

Paso 1. Selección del equipo (Evaluar Criticidad)

La máquina Trituradora es otra parte principal que conforma la línea 2, y también representa un valor importante en la producción. Esta máquina presenta diferentes también diferentes fallos a diferencia de la máquina picadora, este activo si puede realizar paradas por mantenimiento debido a que sus fallas que está presentando actualmente no ocasionan demasiado tiempo en poder corregirlas. En el siguiente enlace se puede ver la capacidad productiva y la dimensión de la trituradora <https://n9.cl/rn8tx>.

Teniendo en cuenta los criterios del NPR (Número de Prioridad de Riesgo), se realizó la evaluación en base a los siguientes cuadros: **a) Criterio de detectabilidad**, En este criterio según evaluación, la máquina se encuentra en el nivel 3 de detectabilidad, ya que hay baja probabilidad de poder detectar las causas potenciales y se pueden corregir a tiempo, teniendo la disponibilidad de la máquina en la línea 2 constantemente activa. **b) Criterio de severidad**, En este criterio según evaluación, la máquina se encuentra en el nivel 3 de severidad, ya que las paradas constantes y el no funcionamiento de este activo representa tomar acciones inmediatas para corregir la falla ya que no demanda mucho tiempo en corregirlas. **c) Criterio de Ocurrencia**, En este criterio según datos de la empresa, la máquina se encuentra en el nivel 2 de ocurrencia, ya que el nivel de tasas de fallo es muy bajo. **d) Criterios de Semaforización según el valor del NPR**, Según el criterio de semaforización hemos obtenido un puntaje mayor a 7 y menor a 36 el número de prioridad de riesgo con un color amarillo.

Paso 2. Definir funciones

El funcionamiento de la máquina trituradora no es nada complejo. Durante el proceso, el material en proceso se tritura y almacena en la tolva con tan sólo presionar un botón. La máquina, provista de cuchillas, realiza todo el trabajo de forma rápida, sin ruido, y con escaso consumo energético

Paso 3. Definir Fallas Funcionales

La falla funcional importante que presenta la maquinaria es no proporcionar suficiente potencia para la elaboración adecuada de la producción, debido a que los elementos de engranes para el triturado requieren de lubricación como también el motor principal requiere mantenimiento.

Paso 4. Identificar Modos de Fallas

El modo de falla importante que hemos encontrado es el paro no programado, debido a la falta de planeamiento de mantenimiento. La mayoría de paro no programado se realizan por llamada del operario, ya que la maquinaria comienza a presentar pérdida de fuerza debido a diferentes factores que se pueden corregir mediante un mantenimiento preventivo.

Paso 5. Identificar Efectos de Fallas y Consecuencias

La mayoría de las causas de que un activo se encuentre fallando es a consecuencia de una falla mecánica. Estas fallas mecánicas dependiendo en la situación en la que se encuentren pueden ser más difíciles de detectar, pero para este activo son fáciles de poder corregir. (ver tabla 2)

<i>Tasa de Fallos</i>	
Causas	%
Fallo de motor	0.9
Piezas oxidadas	0.4
Problemas con el Torque	1.4
Filo de la hoja	1.1
Total	3.8

Tabla 2 – Porcentaje de Fallas

Paso 6. Seleccionar Tácticas usando Lógica RCM

Teniendo en cuenta los anteriores pasos se logró elaborar la siguiente ficha de evaluación de la trituradora que se mostrará posteriormente en los resultados.

Paso 7. Implementar y ajustar el plan de mantenimiento

Finalmente se realizará un plan de mantenimiento para luego establecer el tiempo en que se realizará el overhaul o cambio de componentes.

2.2.4. Máquina 3: Extrusor

Paso 1. Selección del equipo (Evaluar Criticidad)

La máquina Extrusor es otra parte principal que conforma la línea 2, y también representa un valor importante en la producción. Esta máquina presenta diferentes fallos a diferencia de la máquina trituradora, esté activo si puede realizar paradas no programadas por mantenimiento debido a que sus fallas que está presentando actualmente no ocasionan largos cuellos de botella. En el siguiente enlace se muestran las dimensiones de la máquina y la capacidad de la Extrusora <https://n9.cl/tzs7b>.

Paso 2. Definir Funciones

El funcionamiento de la máquina extrusora no es nada complejo. Durante el proceso, se encarga de la extrusión de polímeros mediante la acción del prensado, fusión, moldeado, presión y empuje de los materiales. El resultado es un molde nuevo que tendrá la forma deseada según la forma y diseño del husillo utilizado en la máquina.

Paso 3. Definir Fallas Funcionales

La falla funcional importante que presenta la maquinaria es no proporcionar suficiente potencia para la elaboración adecuada de la producción, debido a que los elementos de engranes para el triturado requieren de lubricación como también el motor principal requiere mantenimiento.

Paso 4. Identificar Modos de Fallas

El modo de falla importante que hemos encontrado es el paro no programado, debido a la falta de planeamiento de mantenimiento. La mayoría de paro no programado se realizan por llamada del operario, ya que la maquinaria comienza a presentar pérdida de fuerza debido a diferentes factores que se pueden corregir mediante un mantenimiento preventivo.

Paso 5. Identificar Efectos de Fallas y Consecuencias

La mayoría de las causas de que un activo se encuentre fallando es a consecuencia de una falla mecánica. Estas fallas mecánicas dependiendo en la situación en la que se encuentren pueden ser más difíciles de detectar, pero para este activo son fáciles de poder corregir. (Ver tabla 3)

<i>Tasa de Fallos</i>	
Causas	%
Fallo de cables	2.4
Piezas oxidadas	0.4
Fallo del motor	1.7
Bandas sucias	0.4
Total	4.9

Tabla 3 – Porcentaje de Fallas

Paso 6. Seleccionar Tácticas usando Lógica RCM

Teniendo en cuenta los anteriores pasos se logró elaborar la siguiente ficha de evaluación del extrusor que se mostrará posteriormente en los resultados.

Paso 7. Implementar y Ajustar el Plan de Mantenimiento

Finalmente se realizará un plan de mantenimiento, que se mostrará en los resultados posteriormente para realizar un overhaul o cambios de componentes.

2.3. Resultados y Discusión

A continuación, se detalla los resultados de los tres activos críticos de la línea dos de peletizado en evaluación de la metodología, el detalle de las especificaciones se indica en la siguiente tabla. (ver tabla 4 y tabla 5)

Ficha de evaluación de máquinas								
Empresa: -				Página: 01/01				
Departamentos: Pellets de plastico reciclado				Fecha: 10/10/21				
Máquina: Picadora Industrial				Aprobado: -				
Inspector/Evaluador: Vidaurre, Jhon				Metodo de trabajo: Actual				
			Características					
			Operación silenciosa e higienica Facil instalacion Sistema de operación de operación automatico y manual Limitador de torque Opcion Movil (Ruedas adicionales)					
Fallas en el equipo			Porcentaje de tasa de fallas %	D	S	O	NPR	Categoria de consecuencia
Funcional	Modo	Causa						
Alta temperatura	Sobrecalentamiento	Falla mecánica	8.7%	4	3	4	48	Ocultia operativa
Ocurrencia			Puntuación	Comentario				
Alta			8	Alto número de fallas				
Observaciones: La peletizadora linea 02 realizo una parada inprevista luego de un flujo de producción continua y no se pudo dar una solución inmediata, lo cual generó una paralización de actividades en un periodo de tiempo.								

Tabla 4 – Ficha de evaluación de la máquina picadora

Con los resultados obtenidos se ha implementado un plan de mantenimiento para cada maquinaria según lo siguiente.

Picadora: Se establece el overhaul o también llamado cambio de componentes y ejecución de un programa de mantenimiento semanal.

Trituradora: Se establece un cambio de componentes y se planifica un programa de mantenimiento trimestral.

Ficha de evaluación de máquinas										Ficha de evaluación de máquinas									
Empresa: -					Página: 02/02					Empresa: -					Página: 03/03				
Departamentos: Pellets de plastico reciclado					Fecha: 10/10/21					Departamentos: Pellets de plastico reciclado					Fecha: 10/10/21				
Máquina: Trituradora Industrial					Aprobado: -					Máquina: Extrusor Industrial					Aprobado: -				
Inspector/Evaluador: Vidaurre, Jhon					Metodo de trabajo: Actual					Inspector/Evaluador: Vidaurre, Jhon					Metodo de trabajo: Actual				
					Características										Características				
					Operacion silenciosa, higienica y economica Facil instalacion Sistemas de proteccion automaticos para atascos y limitado por el torque Opcion de modulos de potencia de trituracion Opcion Movil (Ruedas Adicionales)										Transporte del material a la zona de fusion Fusion o plastificacion del material Presurizacion del contenido Mezclado Desgasificado Conformado No Movil				
Fallas en el equipo			Porcentaje de tasa de fallas %		D	S	O	NPR	Categoría de consecuencia	Fallas en el equipo			Porcentaje de tasa de fallas %		D	S	O	NPR	Categoría de consecuencia
Funcional	Modo	Causa								Funcional	Modo	Causa							
No proporcion a potencia	Paro no programado	Falla mecánica	3.8%		3	3	2	18	Ocultía mecánica	Potencia eléctrica	Paro no programado	Alimentación irregular	4.9%		3	3	3	27	Ocultía eléctrica
Ocurrencia			Puntu	Comentario						Ocurrencia			Puntuación	Comentario					
Media - Baja			3	Bajo números de fallos en altos periodos						Media - Alta			5	Regular numero de paros en periodos largos					
Observaciones: La peletizadora línea 02 sufrió un retraso por la espera de reparaciones en medio de la producción										Observaciones: La peletizadora línea 02 sufrió un paro no programado al finalizar las últimas ordenes del mes y se tuvo que hacer mantenimiento correctivo para continuar con la siguiente orden									

Tabla 5 – Ficha de evaluación de las máquinas trituradora y extrusora

Extrusora: Se establece un cambio de componentes y se planifica un programa de mantenimiento cada tres meses.

2.4. Plan de mantenimiento

En la presente investigación, se ha realizado un estudio relacionado a las fallas detectadas por medio de una ficha de evaluación. Esta ficha está compuesta con los criterios de la OREDA para medir la tasa de fallos y los criterios del NPR para medir la gravedad según una semaforización, los cuales resultan ser muy importantes para medir estos fallos, en concordancia con las investigaciones que realizó Mercado y Rada (2021)

Guevara (2019) realiza el enfoque RCM para reducir los costos por parada de máquina en la línea de producción a través de realizar una mejora en la gestión de mantenimiento por medio de actualización del organigrama general de la organización centrándose en el área de mantenimiento, creaciones de registros y documentos de mantenimiento, identificación de máquinas y equipos, plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, planeamiento de herramientas y materiales, subcontratación de empresas, capacidad humana, costos de implementación de la gestión y comparaciones con la anterior. Obteniendo como uno de sus resultados que la cantidad de paradas de equipo crítico durante el proceso de producción se reducirían drásticamente, de 76 según la situación actual a 30 paradas en la gestión de mantenimiento, significando una reducción del 60,53%. Por el contrario, con nuestra investigación aplicando el RCM mediante la OREDA y el NPR logramos la disponibilidad de las máquinas más importantes de la línea a 91.66% que no corresponden a paradas. En confusión con la metodología aplicada por el autor nuestra metodología resulta ser más beneficiosa con los resultados obtenidos.

3. Conclusión

Esta investigación aplicada a una empresa de fabricación de pellets utiliza sus datos mediante registro y experiencias de los colaboradores para aplicar la confiabilidad de los equipos críticos a través de RCM. Mediante el análisis de identificar los modos y efectos de falla a los equipos principales de la línea 2 (Picadora, Trituradora, extrusora), se tiene que aplicar el plan de mantenimiento efectiva y viable para aumentar la disponibilidad de equipos.

La picadora aumentara su disponibilidad en la línea de producción 2 en un 95% por medio de la reducción de la tasa de fallos de un 8.7% por medio de un overhaul, La trituradora aumentará su disponibilidad en la línea de producción 2 en un 89% por medio de la reducción de la tasa de fallos de un 3.8% por medio de un mantenimiento preventivo y La extrusor aumentará su disponibilidad en la línea de producción 2 en un 91% por medio de la reducción de la tasa de fallos de un 4.9% por medio de un mantenimiento preventivo el cual, aunque tendrá un costo mínimo de implementación en relación con el costo de la máquina y disminuirá los tiempos de la línea 2 de producción en la secuencia de procesos permitiendo que los activos funcionen de la manera más confiable para el uso a largo plazo de la planta, aumentando el flujo de producción y el índice de productividad.

En los resultados que se ha obtenido en la presente investigación, se ha realizado un estudio relacionado a las fallas detectadas por medio de una ficha de evaluación. Esta ficha está compuesta con los criterios de la OREDA para medir la tasa de fallos y los criterios del NPR para medir la gravedad según una semaforización, los cuales resultan ser muy importantes para medir estos fallos, con la ayuda del análisis de árbol lógico RCM para la toma de decisiones y el establecimiento de criterios de criticidad de mantenimiento, también se utilizó los criterios de clasificación para cada uno de estos parámetros mediante el Número de Prioridad de Riesgo (RPN) se puede calcular multiplicando los tres índices mencionados, estos son Severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D) y agrupe los valores de los índices por cuatro. El propósito de obtener el número de prioridad de riesgo es categorizar y priorizar cada falla en consecuencia en la asignación de tareas de mantenimiento.

Referencias

- Afey, I. H., Mohib, A., El-kamash, A. M., & Mahmoud, M. A. (2019). A new framework of reliability centered maintenance. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 13(3), 175–190.
- Al-Najjar, B. (17 de noviembre de 2006). La falta de mantenimiento y no mantenimiento que cuesta: *Un modelo para describir y cuantificar el impacto de vibraciones mantenimiento en el negocio de la empresa*. Elsevier, 260-273.
- Arno, R., Dowling, N., Fairfax, S., Schuerger, R. J., & Weber, J. (2015). What is RCM and how could it be applied to the critical loads? *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51(3), 2045–2053. <https://doi.org/10.1109/TIA.2014.2379951>

- Appelbaum, S. Habashy, S. Malo, J. Shafiq, H. (2012) “*Regreso al futuro: revisando el modelo de cambio de 1996 de Kotter*”, Journal of Management Development, vol. 31 Edición: 8, págs. 764-782, <https://doi.org/10.1108/02621711211253231>
- Braglia, M., Castellano, D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 25(4), 612–634. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>
- Braglia, M., Castellano, D., Marco, F., Gabbriellini, R., Leonardo, M., & Padellini, L. (2020). Un modelo de aprendizaje por conjuntos para la predicción de la tasa de fallas. *Procedia Manufacturing*, 41-48. doi:10.1016/j.promfg.2020.02.022
- Carvalho, E.; Mercado, A.; Raymundo, E. y Vargas, H. (2019), “Propuesta para optimizar el flujo de preparación y entrega de vehículos a concesionarios basada en la metodología Lean. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology”, 17(1), 3-6. http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP143.pdf
- Carvalho, E.; Mercado, A.; Raymundo, E. y Vargas, H. (2019), “Propuesta para optimizar el flujo de preparación y entrega de vehículos a concesionarios basada en la metodología Lean. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology”, 17(1), 3-6. http://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP143.pdf
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tolentino, R. (enero de 2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 23(1), 51-59.
- Duran, O., Rojas, S., & Duran, P. (2018). “Medición del impacto del aplazamiento del mantenimiento en el desempeño general de una planta chancadora chilena”. *Transacciones IEEE América Latina*, 16(7), 1-6. DOI: 10.1109 / TLA.2018.8447362
- Fuentes-Huerta, M.A., González-González, D.S., Cantú-Sifuentes, M. et al. “Implementación de RCM en máquina de moldeo por inyección de plástico considerando modos de falla correlacionados y muestra de pequeño tamaño”. *Int J Adv Manuf Technol* 95, 3465–3473 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1402-y>
- Guevara, C. (2019). *Propuesta de Gestión de Mantenimiento Centrado en La Confiabilidad en La Empresa Plastic S.A.C.* Para la Reducción de Costos por Parada de Máquina. Chiclayo.
- Gutiérrez H. & De la Vara R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, (3ª ed.). McGraw-Hill.
- Hernández, R. & Mendoza, P. (2018). Metodología de la Investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill Interamericana. https://www.academia.edu/41957962/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_C3%93N_LAS_RUTAS_CUANTITATIVA_CUALITATIVA_Y_MIXTA
- Hernández, y. (2016). *Sistema de Mantenimiento Para la Línea de Extrusión de Polietileno de Alta Densidad (pead) en Holplast*.

- M. Aoudia, O. Belmokhtar, G. Zwingelstein, “ Impacto económico de la ineficacia de la gestión del mantenimiento de una empresa de petróleo y gas “, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 14, 2008, 237-261.
- Marcello Braglia, Davide Castellano, Mosè Gallo, (2019) “ Un nuevo enfoque operativo para el mantenimiento de equipos: TPM y RCM conjuntamente en el trabajo”, *Revista de calidad en ingeniería de mantenimiento*. [https:// doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018](https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018)
- Mendoza-Chuctaya G, Chachaima-Mar JE, Mejia CR, Mirano-Ortiz-de-Orue MG, Ramos KR, Calla-Torres M, et al. Análisis de producción, impacto y redes de colaboración en investigaciones científicas en Scopus en Perú de 2000 a 2019. *Medwave* 2021;21(2): e8121 doi: 10.5867/medwave.2021.02.8121
- Mercado, K., & Victorina, M. (2021). Optimización de la confiabilidad del equipo mediante el uso de confiabilidad predictiva centrada Mantenimiento. *International Conference on Industrial Engineering and Applications*, 1-7. doi:10.1109 / ICIEA52957.2021.9436745

Modelo de machine learning en la detección de sitios web phishing

Juan Villegas Cubas¹, Gisela Maquen Niño¹

jvillegasc@unprg.edu.pe; gmaquenn@unprg.edu.pe

¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Av. Juan XXIII 391, Lambayeque, 14013, Peru

Pages: 161-173

Resumen: En la actualidad se evidencia el crecimiento de ataques phishing, este trabajo tiene objetivo desarrollar un modelo de detección de sitios web phishing, basada en machine learning y teniendo en cuenta las características de la URL, el código fuente y la inteligencia de las amenazas de los sitios web. Se utiliza un conjunto de datos de 30 características de 11055 sitios web, se entrenan modelos de Random Forest, Extra Tree y Decision Tree, siendo Random Forest el modelo elegido, se evaluó el rendimiento con datos de 2211 sitios web y obtiene un accuracy de 97.56%, que es superior en comparación con los resultados de otros modelos en trabajos previos.

Palabras-clave: Inteligencia de amenazas; aprendizaje automático; sitios web falsos; sistema de detección de phishing; anti-phishing.

Machine learning model in the detection of phishing websites

Abstract: Currently the growth of phishing attacks is evident, this work aims to develop a model for detecting phishing websites, based on machine learning and taking into account the characteristics of the URL, the source code and the intelligence of the threats of the websites. A data set of 30 characteristics of 11055 websites is used, Random Forest, Extra Tree and Decision Tree models are trained, Random Forest being the chosen model, performance was evaluated with data from 2211 websites and an accuracy of 97.56% is obtained, which is higher compared to the results of other models in previous works.

Keywords: threat intelligence; machine learning; fake websites; phishing detection system; anti-phishing.

1. Introducción

Las redes informáticas se han convertido en una herramienta importante para todo tipo de organizaciones, como instituciones financieras, médicas, industriales, de transporte, educativas, comerciales, etc. Sin embargo, el crecimiento del uso de las redes e internet ha conllevado al crecimiento del número de ciberataques, que afectan a la intimidad e integridad de los datos confidenciales de las personas, organizaciones y gobiernos;

además causan cuantiosas pérdidas económicas. Aproximadamente 2 billones de dólares de pérdidas en el 2019 debido a los ciberataques (Singh & Sharma, 2019).

Uno de los ciberataques más comunes es el phishing, que crece continuamente alcanzando un récord en el mes de octubre del 2020 con 225,304 ataques phishing (APWG, 2021), el 84% de profesionales en Estados Unidos indican que han sufrido al menos un tipo de incidente de seguridad y colocan a los ataques phishing y ransomware, como los tipos de ataques con mayor ocurrencia (Trend Micro, 2021); el 31% de empresas en Latinoamérica han percibido un aumento de los ciberataques en el 2020 y la principal amenaza de la ciberseguridad son los eventos relacionados al phishing (Marsh & Microsoft, 2020).

En el Perú hasta octubre del 2021, se eleva el número de denuncias de ciberdelitos, siendo la modalidad más frecuente el phishing, que en el 2021 se duplicaron con respecto al 2020. (Divindat, 2021).

Son insuficientes las modelos y sistemas en la detección de phishing, el 50% de los profesionales en Estados Unidos consideran ineficiente las técnicas de hacer frente al phishing y al ransomware (Trend Micro, 2021). Los sistemas de detección de phishing en el 2020 neutralizaron 434 898,635 phishing, sin embargo, representa una menor cantidad de phishing detectado en comparación con el año 2019 (Kaspersky, 2021).

Se han realizado varios estudios en la detección de phishing como Yi, y otros (2018) utilizaron una red neuronal con dos funciones; Niakanlahiji, Chu, & Al-Shaer (2018) proponen PhishMon; Wei, y otros (2019) utilizaron una Red Neuronal Profunda, Jain & Gupta (2018), Kumar y otros (2019) y Christou y otros (2020) usan máquinas de vectores de soporte y las características de la UR. Kulkarni & Brown (2019) desarrollan un sistema con árboles de decisión. Patil y otros (2018) utilizan las características de la URL, la legitimidad y la apariencia visual del sitio web usando el algoritmo Random Forest; Wang, y otros (2019) proponen el modelo PDRCNN; Zabihimayvan & Doran (2019) aplican la teoría Fuzzy Rough Set (FRS) con Random Forest; Chavan (2020) utilizan Random Forest; Ubing y otros (2019) utilizan la selección de características y se integra con voting; Opara, Wei, & Chen (2020) proponen HTMLPhish que emplea redes neuronales convolucionales para aprender las dependencias semánticas en el contenido textual del HTM. Todos estos estudios obtienen un rendimiento en la detección de sitios web phishing menores a 97% de accuracy.

En los estudios previos se observan que hay modelos y sistemas basados en machine learning, que usan las características de las URL para la detección de sitios web phishing, sin embargo hay limitaciones en el rendimiento en la detección de phishing y no se evidencia el uso de la inteligencia de amenazas para la detección de sitios web falsos; por lo que se plantea como objetivo principal de este trabajo desarrollar un modelo de machine learning, que tenga en cuenta las características de la URL, del código fuente y la información de la inteligencia de amenazas de los sitios web.

2. Marco teórico

Machine Learning es un área de inteligencia artificial que permite que un sistema aprenda a partir de un conjunto de datos en lugar de ser explícitamente programados (Hurwitz & Kirsch, 2018). Para Mueller & Guido (2016) son dos los enfoques para los

problemas de aprendizaje; el supervisado y el no supervisado; sin embargo (Hurwitz & Kirsch, 2018) indica además al aprendizaje por refuerzo y al aprendizaje profundo como enfoques del machine learning.

El aprendizaje supervisado inicia con un conjunto de datos de características y una etiqueta o salida que brinda un significado de los datos. El aprendizaje supervisado tiene como objetivo buscar y reconocer patrones en los datos analizados. (Hurwitz & Kirsch, 2018). Los problemas de aprendizaje supervisado son de dos tipos clasificación y regresión (Mohammed, Khan, & Mohammed, 2017). En la clasificación para Mueller & Guido (2016), el objetivo es predecir la salida del tipo categórico o de clase, que es una alternativa dentro de las posibilidades disponibles.

El ciclo de machine learning es un proceso continuo y los pasos son: Identificar los datos, preparación los datos, selección del algoritmo, entrenar, evaluar, implementar, predecir y evaluar predicciones (Hurwitz & Kirsch, 2018). Los tipos de algoritmos de machine learning para problemas de clasificación son: Naive bayes, regresión logística, k vecinos más cercanos, máquinas de vectores de soporte, arboles de decisión, redes neuronales y algoritmos ensamblados (Mohammed, Khan, & Mohammed, 2017), (Sarker, 2021) y (Mueller & Guido, 2016). Las métricas evaluación del desempeño de un modelo de clasificación son la matriz de confusión, accuracy, sensibilidad, especificidad y precisión (Vakili, Ghamsari, & Rezaei, 2020) y (Borja-Robalino, Monleón-Getino, & Rodellar, 2020).

La detección de sitios web phishing corresponde al proceso de la ciberseguridad, que según (NIST, 2018) son cinco las principales funciones de ciberseguridad: Identificar, proteger, detectar, responder y recuperar. La Función Detectar “permite el descubrimiento oportuno de eventos de seguridad cibernética” (NIST, 2018). Para lograr una adecuada detección es importante un monitoreo continuo de la seguridad y utilizar sistemas automatizados con alto rendimiento en la clasificación de eventos de seguridad.

Un sitio web se refiere al conjunto de archivos que se muestran en forma de una página web que están alojados en un dominio de internet, y que los usuarios de internet acceden a través de una URL. Los sitios web se pueden identificar según las características de la barra de direcciones URL y las características anormales en código fuente HTML y JavaScript. (Mohammad, Thabtah, & McCluskey, 2015). Otros autores (Jain & Gupta, 2018), (Niakanlahiji, Chu, & Al-Shaer, 2018), (Kumar, y otros, 2019), (Ubing, y otros, 2019) y (Wang, y otros, 2019), proponen sistemas y modelos para detectar sitios web phishing que se basan en la información proporcionada por las características de la URL, como la longitud de la URL, uso de direcciones IP, uso de HTTPS y otras características.

La inteligencia de amenazas es el “conocimiento basado en evidencia, incluyendo su contexto, mecanismos, indicadores, implicaciones y acciones concretas, sobre la amenaza o peligro existente o emergente a los activos y que pueda ser usada para tomar decisiones informadas y acciones de respuesta por parte del afectado por la amenaza o peligro” (Gartner, 2013). Las fuentes de inteligencia pueden ser internas, de acceso libre, comerciales y organizacionales. La información de inteligencia de acceso libre es el conocimiento obtenido a partir del procesamiento y análisis de fuentes de datos públicas, como transmisiones de televisión y radio, redes sociales y sitios web (Cascavilla, Tamburri, & Heuvel, 2021). El ciclo de vida de la inteligencia de amenazas consta de seis fases y son: dirección, recopilación, procesamiento, análisis, diseminación

y retroalimentación. El tipo de información de inteligencia puede de carácter técnica que normalmente contiene información específica de una dirección IP, URL, dominio, listas negras, etc; y puede ser operacional que se refiere a la inteligencia que se enfoca en las técnicas, herramientas y metodologías de los adversarios.

3. Metodología

El tipo de investigación de este trabajo es mixto, porque se plantean objetivos cuantitativos y cualitativos. Se analizan los resultados de estudios previos, y se realizaron dos experimentos con el conjunto de datos, el primer experimento determina el rendimiento en la detección de phishing según los estudios previos y el segundo experimento se realizó con el modelo propuesto, haciendo uso de la información de la inteligencia de amenazas, la información de las características URL y el código fuente de los sitios web.

Se usan 11055 sitios web con 30 características, como conjunto de datos, de los cuales 6157 están etiquetados como sitios web legítimos y 4898 como sitios web phishing. Se utilizan 8844 sitios web para el entrenamiento y 2211 para la evaluación del rendimiento del modelo.

Construimos el clasificador haciendo uso Jupyter Notebook, en el lenguaje de programación Python, con el conjunto de datos y evaluando varios algoritmos de clasificación, siguiendo los siguientes pasos:

- Dividir los datos en conjuntos de datos de entrenamiento y prueba, que tomamos 80% (8844) para entrenamiento y 20% (2211) para pruebas.
- Analizamos los datos y evaluamos la importancia de las características del conjunto de datos y generamos nuevos conjuntos de datos.
- Entrenamos y optimizamos los modelos que obtienen los mejores resultados, con los diferentes conjuntos de datos.
- Evaluación del clasificador final.

Para evaluar el rendimiento del modelo en detección de sitios web phishing se utiliza la matriz de confusión con sus indicadores y métricas de rendimiento. (Vakili, Ghamsari, & Rezaei, 2020) y (Borja-Robalino, Monleón-Getino, & Rodellar, 2020).

- *Verdaderos positivos (TP)*. Cantidad de pruebas de sitios web phishing, clasificados por el sistema correctamente como sitio web phishing.
- *Verdaderos negativos (TN)*. Cantidad de pruebas de sitios web legítimos, clasificados por el sistema correctamente como sitio web legítimos.
- *Falsos positivos (FP)*. Cantidad de pruebas sitios web legítimos, clasificados por el sistema erróneamente como sitio web phishing.
- *Falsos Negativos (FN)*. Cantidad de pruebas sitios web phishing, clasificados por el sistema erróneamente como sitio web legítimos.
- *Accuracy*, es la proporción de clasificación correcta global de todas las instancias que se utilizan se calcula mediante la fórmula.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

- *Recall*, es proporción de instancias clasificadas correctamente como positivas, la fórmula es:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

- *Precision*. es la proporción de instancias clasificadas correctamente como positivas a todas las instancias clasificadas positivamente, la fórmula es:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

F1-score. se utiliza para combinar las medidas de precision y recall en un sólo valor, la fórmula es:

$$F1 = 2 \cdot \frac{precision \cdot recall}{precision + recall}$$

4. Resultados

En esta sección se presentan los resultados en la detección de sitios web phishing,

4.1. Diagnóstico de la detección de sitios web phishing

En la Tabla 1 se muestra el resumen de los resultados en la detección de sitios web phishing, según veintidós estudios previos analizados, usando el accuracy como la principal métrica de rendimiento.

Autores	Algoritmo	Accuracy
(Rami , Fadi , & Lee , 2014)	Redes Neuronales	92.48%
(Mohammad, Thabtah, & McCluskey, 2014)	Redes Neuronales	94.07%
(Yi, y otros, 2018)	Redes Neuronales	89.20%
(Jain & Gupta, 2018)	SVM	90.00%
(Niakanlahiji, Chu, & Al-Shaer, 2018)	PhishMon	95.40%
(Abutair, Belghith, & Al-Ahmadi, 2018)	CBR-PDS	96.26%
(Patil, y otros, 2018)	Random Forest	96.58%
(Ali & Ahmed, 2019)	Red Neuronal	91.13%
(Kulkarni & Brown, 2019)	Arboles de decisión	91.50%
(Ubing , y otros, 2019)	Ensamblado	95.40%
(Wang, y otros, 2019)	Deep learning	95.79%
(Zabihimayvan & Doran, 2019)	Random Forest	95.00%
(Wei, y otros, 2019)	Deep learning	86.63%
(Christou y otros, 2020)	SVM	90.00%
(Opara, Wei, & Chen, 2020)	Red Neuronal	93.00%

Autores	Algoritmo	Accuracy
<i>(Zamir, y otros, 2020)</i>	RF, NN y bagging	97.40%
<i>(Chavan, y otros, 2020)</i>	Arboles de decisión	96.82%
<i>(Harinahalli & BoreGowda, 2020)</i>	Random Forest	96.87%
<i>(Aljofey, y otros, 2020)</i>	Deep learning	95.02%
<i>(Anupam & Kar, 2020)</i>	SVM	90.38%
<i>(Lakshmi, y otros, 2021)</i>	Deep learning	96.00%
<i>(Yang, y otros, 2021)</i>	NIOSELM	97.30%

Tabla 1 – Rendimiento en la detección de phishing, de los estudios previos

En la Tabla 2, se muestra el rendimiento promedio de 93.74% en la detección de sitios web phishing según estudios previos, una desviación estándar de 3.10, un mínimo 86.63% y un máximo de 97.40%.

Métrica	Media	Desviación	Mínimo	Máximo
<i>Accuracy</i>	93.74%	3.10	86.63%	97.40%

Tabla 2 – Resumen del rendimiento de estudios previos

Las métricas de rendimiento basado en estudios previos sin considerar la inteligencia de amenazas se muestran en la Tabla 4, el 93.80% es la proporción de clasificación correcta en global, que es muy similar con la media del accuracy obtenida en la Tabla 2.

Métrica evaluada	Resultado
<i>Accuracy</i>	93.80%
<i>Precisión</i>	93.84%
<i>Recall</i>	91.80%
<i>F1-score</i>	92.81%

Tabla 3 – Métricas de evaluación de rendimiento basado en estudios previos

4.2. Modelo para la detección de sitios web phishing

Se propone el modelo de machine learning para la detección de sitios web phishing, tomando en cuenta la información de la URL de los sitios web, en el código fuente y la inteligencia de amenazas; el conjunto de datos tiene 30 características que se muestra en la Tabla 4.

Se evalúa la importancia de las 30 características del conjunto de datos, con respecto a la salida, aplicando correlaciones, Lasso y Random Forest. En la figura 1 se muestra la importancia de las características con Random Forest, en la parte superior se muestran las características de mayor importancia y en la parte inferior se muestran las características con menor importancia. Se observan además que las características correspondientes a

la inteligencia de amenazas se muestran en el centro de la clasificación indicando una importancia media.

Caracterísitcas de los sitios web	
URL	IP_Address, URL_longitud, URL_corto, URL_arroba, URL_slash, URL_linea, URL_puntos, SSL, Domain_registro, Favicon, Puerto, Domain_https
Código Fuente	Request_URL, URL_ancla, Tags, SFH, Submit_email, Abnormal_URL, Forwarding, Barra_estado, Click_derecho, PopUp, Iframe
Inteligencia de Amenazas	Domain_edad, Registro_DNS, Trafico_web, Page_Rank, Google_Index, Links, Estadísticas

Tabla 4 – Características del conjunto de datos

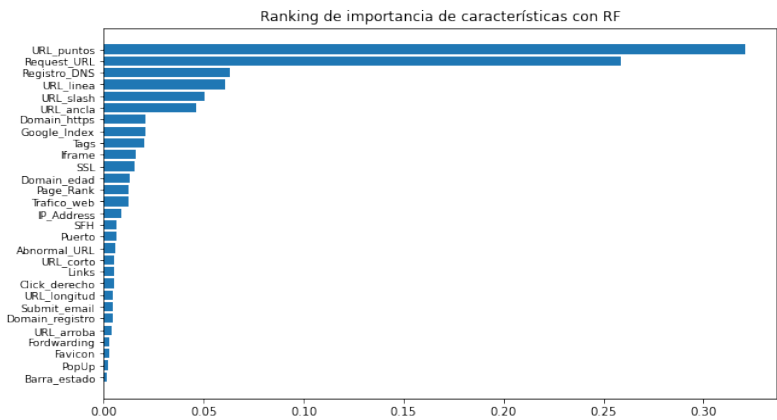


Figura 1 – Importancia de las características

Se genera un segundo conjunto de datos descartando las características de menor importancia. Además, se genera un tercer conjunto de datos aplicando PCA. Los tres conjuntos de datos se dividen en el 80% para el entrenamiento y 20% para las pruebas; y utilizando validación cruzada con 10 kfold, se evalúan algoritmos de machine learning. En la tabla 5 se muestra el promedio del accuracy de cada algoritmo con cada conjunto de datos y se observa que todos los algoritmos obtienen mejores resultados con el conjunto de datos original en comparación con los otros conjuntos de datos.

Algoritmo	Data1 (Original)	Data2(Importancia)	Data3(PCA)
KNN	94.13	93.34	91.27
DT	96.52	95.22	93.37
RF	97.02	95.94	94.51
ET	97.04	96.06	94.81
AB	94.50	93.05	89.30
SVM	94.50	94.23	90.66

Tabla 5 – Evaluación de los conjuntos de datos y algoritmos de machine learning

En la tabla 5, se muestra también que los algoritmos Extra Tree (ET) y Random Forest (RF) obtienen los mejores resultados y que deben optimizarse en búsqueda de los mejores parámetros para obtener mejor rendimiento.

En la figura 2, se muestra la comparación de accuracy de los modelos con el conjunto de datos original y se observa que Decisión Tree (DT) también es un algoritmo que debe optimizarse junto con ET y RF.

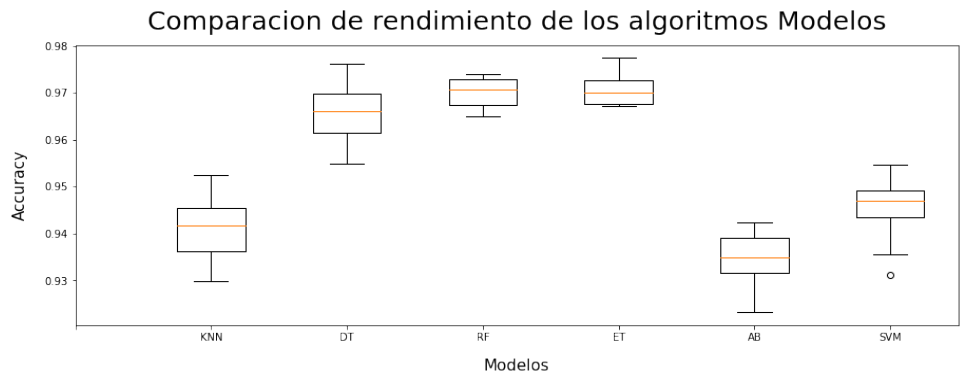


Figura 2 – Comparación de accuracy de los modelos

Se optimizan los modelos DT, RF y ET en busca de los mejores parámetros y se evalúan las métricas de rendimiento con 2211 sitios web. En la tabla 6 se muestran los resultados de evaluación del rendimiento de los modelos optimizados y se observa que el modelo que brinda los mejores resultados en todas las métricas evaluadas es Random Forest.

Métrica	DT	RF	ET
Accuracy	97.29%	97.56%	97.33%
Precisión	97.41%	97.62%	97.61%
Recall	96.41%	96.82%	96.30%
F1-score	96.90%	97.22%	96.95%

Tabla 6 – Métricas de evaluación de rendimiento de los modelos optimizados

El modelo Random Forest es el modelo final seleccionado para la detección de sitios web phishing, generado utilizando Bootstrap, con 100 árboles, con 3 muestras como mínimo para que el nodo de divida y 3 predictoras consideradas en cada división.

La evaluación del rendimiento del modelo Random Forest se realizó con 2211 sitios web (974 sitios web phishing y 1237 sitios web legítimos), los resultados obtenidos se muestran en la matriz de confusión de la Tabla 7, donde se observan 943 sitios web phishing son detectados correctamente como sitios phishing; 1214 sitios web legítimos detectados correctamente como sitios legítimos, 31 sitios web phishing incorrectamente clasificados como sitios legítimos y 23 sitios web legítimos clasificados incorrectamente como sitios web phishing.

	Clases	Clasificación del Modelo RF		
		Phishing	Legítimo	Total
<i>Sitios web</i> (Clasificación real)	Phishing	943	31	974
	Legítimo	23	1214	1237

Tabla 7 – Matriz de confusión del modelo RF

5. Discusión de resultados

El modelo de detección de sitios web phishing desarrollado en la presente investigación obtiene mejores resultados que los estudios previos. Al comparar los resultados obtenidos se observa una diferencia a favor del modelo propuesto en todos sus indicadores como se muestra en la Tabla 8.

En la clasificación correcta en global (accuracy), el modelo propuesto tiene una mejora de 3.62% que equivale a 83 sitios web con mayor acierto en la clasificación de los 2211 evaluados; de forma similar con la precisión el modelo propuesto tiene una mejora de 3.78%. En el Recall hay un incremento de 5.02% en la que indica una mejora en el modelo propuesto en la clasificación correcta de sitios web phishing; además de una mejora en la métrica F1-score de 4.41%.

Métrica	Estudios Previos	Modelo Propuesto	Diferencia
<i>Accuracy</i>	93.80%	97.56%	3.76%
<i>Precisión</i>	93.84%	97.62%	3.78%
<i>Recall</i>	91.80%	96.82%	5.02%
<i>F1-score</i>	92.81%	97.22%	4.41%

Tabla 8 – Comparación del rendimiento en la detección de sitios web phishing

6. Conclusiones

En el diagnóstico del rendimiento de la detección de sitios web phishing basado en estudios previos, se determinó que el rendimiento promedio del modelo de detección de phishing es de 93.80%, considerando que es la proporción de detección correcta en global.

Se desarrolló un modelo de machine learning basado en Random Forest, para la detección de sitios web phishing, utilizando 30 características de la URL, el código fuente y la inteligencia de amenazas de los sitios web. Se entrenó el modelo con un conjunto de datos de 8844 sitios web.

Se evaluó el rendimiento con 2211 sitios web, demostrando un accuracy de 97.56% de la detección correcta del sistema propuesto en forma global, así mismo una precisión de 97.62%.

El modelo propuesto obtiene mejores resultados que los estudios previos, en todas las métricas evaluadas como el accuracy, precisión, recall y f1-score.

Referencias

- Abutair, H. Y., Belghith, A., & Al-Ahmadi, S. A. (2018). CBR-PDS: a case-based reasoning phishing detection system. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2593-2606. doi: <https://doi.org/10.1007/s12652-018-0736-0>.
- Ali, W., & Ahmed, A. A. (2019). Hybrid intelligent phishing website prediction using deep neural networks with genetic algorithm-based feature selection and weighting. *IET Information Security*, Pages 659-669; doi: <https://doi.org/10.1049/iet-ifs.2019.0006>.
- Aljofey, A., Jiang, Q., Qu, Q., Huang, M., & Niyigena, J.-P. (2020). An Effective Phishing Detection Model Based on Character Level Convolutional Neural Network from URL. *Electronics*, doi: <https://doi.org/10.3390/electronics9091514>.
- Anupam, S., & Kar, A. K. (2020). Phishing website detection using support vector machines and nature-inspired optimization algorithms. *Telecommunication Systems*, pages 17–32; doi <https://doi.org/10.1007/s11235-020-00739-w>.
- APWG. (2021). Phishing Activity Trends Report, 4th Quarter 2020. Anti-Phishing Working Group, Inc.
- Borja-Robalino, R., Monleón-Getino, A., & Rodellar, J. (2020). Estandarización de métricas de rendimiento para clasificadores Machine y Deep Learning. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, 184-196.
- Cascavilla, G., Tamburri, D. A., & Heuvel, W.-J. D. (2021). Cybercrime threat intelligence: A systematic multi-vocal literature review. *Computers & Security*, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102258>.
- Chavan, S., Inamdar, A., Dorle, A., Kulkarni, S., & Wu, X.-W. (2020). Phishing Detection: Malicious and Benign Websites Classification Using Machine Learning Techniques. Algorithms for Intelligent Systems. Series Editors: Bansal, Jagdish Chand, Deep, Kusum, Nagar, Atulya K, 437-445.
- Christou, O., Pitropakis, N., Papadopoulos, P., McKeown, S., & Buchanan, W. J. (2020). Phishing URL Detection Through Top-Level Domain Analysis: A Descriptive Approach. Edinburgh: School of Computing, Edinburgh Napier University.
- Divindat . (2021). División de Investigación de Delitos de Alta Tecnología de la Policía. Lima: El Peruano.
- Gartner. (2013). Threat intelligence: What is it, and how can it protect you from today advanced cyber-attacks. Stamford: Gartner, Inc.
- Gori, M. (2018). Machine Learning: A Constraint-Based Approach. Morgan Kaufman, <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00237-4>.
- Harinahalli, L., & BoreGowda, G. (2020). Phishing website detection based on effective machine learning approach. *Journal of Cyber Security Technology*, Pages 1-14, doi: <https://doi.org/10.1080/23742917.2020.1813396>.

- Hurwitz, J., & Kirsch, D. (2018). *Machine Learning For Dummies*, IBM Limited Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Jain, A. K., & Gupta, B. B. (2018). PHISH-SAFE: URL Features-Based Phishing Detection System Using Machine Learning. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 729. Springer, Singapore, Pag 467-474. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8536-9_44.
- Kaspersky. (15 de Febrero de 2021). Securelist . Obtenido de El spam y el phishing en 2020: <https://securelist.lat/spam-and-phishing-in-2020/92784/>
- Kulkarni, A. D., & Brown, L. L. (2019). Phishing Websites Detection using Machine Learning. *Computer Science Faculty Publications and Presentations*, Paper 20.
- Kumar, R., Gunasekaran, Nivetha, R., Sangeetha , P. K., Shanthini, G., & Vignesh., A. S. (2019). Url Phishing data analysis and detecting phishing attacks using Machine Learning in NLP. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 23-31.
- Lakshmi, L., Reddy, M., Santhaiah , C., & Reddy , U. J. (2021). Smart Phishing Detection in Web Pages using Supervised Deep Learning Classification and Optimization Technique ADAM. *Wireless Personal Communications*, pages 3549–3564.
- Marsh & Microsoft. (2020). *Estado del Riesgo Cibernético en Latinoamérica en tiempos de COVID-19*. Nueva York: Marsh LLC.
- Mohammad, R. M., Thabtah, F., & McCluskey, L. (2014). Predicting phishing websites based on self-structuring neural network. *Neural Comput & Applic*, 443–458 doi: <https://doi.org/10.1007/s00521-013-1490-z>.
- Mohammad, R. M., Thabtah, F., & McCluskey, L. (2015). *Phishing Websites Features*. Huddersfield: School of Computing and Engineering, University of Huddersfield.
- Mohammed, M., Khan, M. B., & Mohammed, E. B. (2017). *Machine Learning: Algorithms and Applications*. London: Taylor & Francis Group.
- Mueller , A. C., & Guido, S. (2016). *Introduction to Machine Learning with Python*. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.
- Niakanlahiji, A., Chu, B.-T., & Al-Shaer, E. (2018). PhishMon: A Machine Learning Framework for Detecting Phishing Webpages. *IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)*, pp. 220-225, doi: 10.1109/ISI.2018.8587410.
- NIST. (2018). *Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity*. Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology.
- Opara, C., Wei, B., & Chen, Y. (2020). HTMLPhish: Enabling PhishingWeb Page Detection by Applying Deep Learning Techniques on HTML Analysis. *IJCNN*, DOI:10.1109/IJCNN48605.2020.9207707.

- Patil, V., Thakkar, P., Shah, C., Bhat, T., & Godse, S. P. (2018). Detection and Prevention of Phishing Websites Using Machine Learning Approach. Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBE), pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCUBE.2018.8697412.
- Rami , M. M., Fadi , T., & Lee , M. (2014). Predicting phishing websites based on self-structuring neural network. *Neural Computing and Applications* , 443–458.
- Sandoval, L. J. (2018). Algoritmos de Aprendizaje Automático para análisis y predicción de datos. *Revista Tecnológica*, Pag 36-40.
- Sarkar, D., Bali, R., & Sharma, T. (2018). *Practical Machine Learning with python*. New York: Spring Street. doi:<https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3207-1>.
- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *Computer Science*, doi: <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>.
- Singh, R., & Sharma, T. (2019). Present Status of Distributed Denial of service (DDoS) Attacks in Internet World. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences* , 1008-1017.
- Subasi, A. (2020). *Practical Machine Learning for data analysis using Phyton*. London: Elsevier Inc.
- Trend Micro. (2021). How to Reduce the Risk of Phishing and Ransomware. Osterman Research, 1-29.
- Ubing , A. A., Binti Jasmi, S. K., Azween , A., Jhanjhi, N. Z., & Supramaniam, M. (2019). Phishing Website Detection: An Improved Accuracy through Feature Selection and Ensemble Learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*.
- Vakili, M., Ghamsari, M., & Rezaei, M. (2020). Performance Analysis and Comparison of Machine and Deep Learning Algorithms for IoT Data Classification. Cornell University.
- Wang, W., Zhang, F., Luo, X., & Zhang, S. (2019). PDRCNN: Precise Phishing Detection with Recurrent Convolutional Neural Networks. *Security and Communication Networks*, Paper 15.
- Wei, B., Hamad, R., Yang, L., He, X., Wang, H., Gao, B., & Woo, W. (2019). A Deep-Learning-Driven Light-Weight Phishing Detection Sensor. Newcastle: Sensors Northumbria University.
- Yang, L., Zhang, J., Wang, X., Li, Z., Li, Z., & He, Y. (2021). An improved ELM-based and data preprocessing integrated approach for phishing detection considering comprehensive features. *Expert Systems with Applications*, doi, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113863>.
- Yi, P., Guan, Y., Zou, F., Yao, Y., WeiWang, & Zhu, T. (2018). Web Phishing Detection Using a Deep Learning Framework. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 9 paginas doi: <https://doi.org/10.1155/2018/4678746>.

- Zabihimayvan, M., & Doran, D. (2019). Fuzzy Rough Set Feature Selection to Enhance Phishing Attack Detection. IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pag. 1-6 doi: 10.1109/FUZZ-IEEE.2019.8858884.
- Zamir, A., Khan, H. U., Iqbal, T., Yousaf, N., Aslam, F., Anjum, A., & Hamdani, M. (2020). Phishing web site detection using diverse machine learning algorithms. Electron, 65-80.

Desarrollo de una aplicación para el cálculo del riesgo de crédito en entidades del sector solidario colombiano

María Andrea Arias-Serna², Eilin Paola Luna-Moreno¹,
Jaime Humberto Hoyos-Barrios¹, Jaime Alberto Echeverri-Arias²

marias@udemedellin.edu.co; eluna907@soyudemedellin.edu.co;
jhhoyos@udemedellin.edu.co; jaecheverri@udemedellin.edu.co

¹ Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

² Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia.

Pages: 174-188

Resumen: Este artículo presenta el análisis, diseño e implementación de la aplicación denominado “*Credit Risk Calculator*” el cual cuantifica el riesgo de crédito según los requerimientos propuestos en la nueva normativa emitida recientemente por la Superintendencia de la economía Solidaria Colombiana. Para la implementación de la aplicación se utilizó el patrón de diseño o arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC). Este patrón facilita la separación del Modelo y la Vista, mejora la separación de los datos y la presentación, agiliza el manejo de errores, y hace posible agregar múltiples representaciones de los datos. La aplicación desarrollada permite obtener sistemáticamente la calificación de riesgo de cada deudor y las pérdidas esperadas que las entidades del sector solidario podrían enfrentar en caso de incumplimiento por parte de sus deudores. Se espera que esta aplicación constituya un instrumento que facilite la gestión financiera del riesgo en las entidades correspondientes.

Palabras-clave: Ingeniería de software; Python; Riesgo de crédito; Probabilidad de incumplimiento; Pérdida esperada.

Development of an application for the calculation of credit risk in entities of the Colombian solidarity sector.

Abstract: This paper presents analysis, design and implementation of the application called “*Credit Risk Calculator*” which quantifies the credit risk according to the requirements proposed in the new regulations recently issued by the Superintendence of the Colombian Solidarity Economy. For the implementation of this application, the Model View Controller (MVC) design pattern or architecture is used. This pattern facilitates the separation of the Model and the View, improves the separation of data and presentation, speeds up error handling, and gives the possibility of add multiple data representations. The developed application allows to systematically obtain the risk rating of each debtor and the expected losses that the entities of the solidarity sector could face in case of default by their debtors. It is

expected that this application will be a tool to facilitate financial risk management in the corresponding entities.

Keywords: Software engineering; Python; Credit risk; Probability of default; Expected loss.

1. Introducción

El incesante proceso de innovación financiera y el incremento del número de incumplimientos observados por la actual coyuntura del COVID-19 ha hecho evidente la necesidad de contar con buenas prácticas e instrumentos de medición y gestión de riesgos más precisos (Pra Martos, Arguedas Sanz, Zamarro, & Casals, 2010). El riesgo de que el prestamista no recupere el dinero prestado junto con los intereses es lo que se denomina riesgo de crédito, lo cual juega un papel importante en el desarrollo de las entidades a tal punto que se han constituido entes reguladores nacionales e internacionales que generan normativas y recomendaciones permitiendo mitigar las pérdidas.

El desarrollo de estándares de gestión del riesgo de crédito en las instituciones financieras ha ido de la mano de cambios en la regulación del Acuerdo de Basilea de 1998, emitido por el Comité de Basilea de Supervisión Bancaria, que tiene como objetivo establecer estándares básicos de gestión de riesgo y definir el capital regulatorio en función del riesgo asumido (Chatterjee, 2016), (Rodríguez & Pérez Hernández, 2008), (Salazar Mantilla & Noboa García, 2015), (Witzany, 2017).

El riesgo de crédito se puede calcular a dos niveles, el riesgo individual y el riesgo del portafolio. En el riesgo individual, el cual es el enfoque del presente trabajo es necesario estudiar tres conceptos básicos: la probabilidad de incumplimiento o default (PI), la pérdida dado el incumplimiento (PDI), y el saldo pendiente de pago o valor expuesto del activo (VEA), elementos que permiten estimar la Pérdida Esperada por la entidad financiera en el evento de un impago de la obligación financiera del deudor. En el riesgo del portafolio, es indispensable considerar la participación de cada crédito en el portafolio total y la correlación entre los diferentes activos que lo componen. El resultado final del análisis del riesgo de crédito es poder obtener el nivel de pérdidas de capital o el deterioro progresivo que la entidad experimentará en caso del incumplimiento (default) de sus deudores.

El pilar básico del negocio bancario es la gestión eficiente de los riesgos financieros, el cual se refiere a la posibilidad de que una empresa genere pérdidas afectando su valor patrimonial o económico (Tavera Farfan, 2014) (Darrell Duffie, 2003). El riesgo financiero puede considerarse como la incertidumbre que se produce al momento de realizar una inversión por la imposibilidad de la devolución del capital por una de las partes y por diferentes factores, sean políticos, sociales, entre otros. Así mismo, el riesgo de crédito puede ocasionar pérdida de capital resultante del hecho de que un prestatario o contraparte no cumpla con sus obligaciones en los tiempos y términos acordados por diferentes factores. El análisis del riesgo de crédito busca principalmente prever anticipadamente la pérdida potencial en la que podría incurrir una institución en el otorgamiento de créditos y calcula la probabilidad de incumplimiento de un deudor frente a un acreedor. La modelización del riesgo crediticio es un tema importante en las finanzas modernas debido a que permite identificar y cuantificar aquellas variables que pueden ocasionar pérdidas en una entidad (Pasricha, Lu, & Zhu, 2020).

Diferentes autores han utilizado técnicas para evaluar y minimizar los riesgos y han seguido diversos enfoques para modelar las probabilidades de incumplimiento. Esta probabilidad usualmente se calcula a través de la información recibida por las agencias especializadas de rating y scoring, las cuales emplean una asignación de métricas de riesgo junto con otras referencias adicionales: antigüedad de los contratos, valor del préstamo, segmento de clientes, etc. (Salazar Mantilla & Noboa García, 2015).

En Colombia, existen diferentes entidades reguladoras que vigilan la adecuada gestión y control de riesgos, como lo son la Superintendencia Financiera de Colombia (SFC) y la Superintendencia de la Economía Solidaria (Supersolidaria), las cuales han generado modelos estándar para la cuantificación del riesgo de crédito, basados en los acuerdos de Basilea y las normas técnicas colombianas (NTC). Entre las metodologías a destacar se encuentra la propuesta por la Superintendencia Financiera de Colombia: “Modelo de Referencia para la Cartera de Consumo” (Superintendencia Financiera de Colombia, 2021) y el nuevo modelo para el cálculo del deterioro general e individual presentado por la Superintendencia de la Economía Solidaria, actualizado recientemente (julio de 2021) y que constituye la base de modelo desarrollado en este trabajo.

El presente trabajo tiene dos propósitos, el primero de ellos es describir el modelo para analizar el comportamiento del riesgo crediticio individual en entidades del sector solidario de Colombia utilizando la nueva metodología propuesta por la Supersolidaria para calcular tanto la calificación de riesgo de cada deudor como la pérdida esperada (PE), la cual permite cuantificar el riesgo de crédito (Superintendencia Financiera de Colombia, 2021), y el segundo es presentar el diseño de la aplicación desarrollada en este trabajo en lenguaje de programación Python, llamada “*Credit Risk Calculator*”, en la cual es implementado el modelo propuesto por la Supersolidaria. La aplicación es empleada para estimar la pérdida esperada en una entidad perteneciente al sector solidario colombiano que cuenta con las líneas de crédito consideradas en el modelo.

El presente artículo está dividido en 5 secciones: la sección 2 describe el Modelo de Referencia de la Supersolidaria en el análisis de Riesgo Crediticio, el cual permite el cálculo de la Calificación Crediticia de un deudor y la Pérdida Esperada de una entidad financiera ante el impago de la obligación de un deudor en las diferentes modalidades de la cartera de entidades del sector solidario de Colombia. En la sección 3 se presenta la Arquitectura y descripción de la aplicación “*Credit Risk Calculator*”. En la sección 4 se analizan los resultados del modelo propuesto por la Supersolidaria al ser aplicado a una cooperativa especializada de ahorro y crédito utilizando de la aplicación “*Credit Risk Calculator*”. Finalmente, la sección 5 contiene las principales conclusiones de este trabajo.

2. Descripción del Modelo de Referencia de la Supersolidaria en el análisis de Riesgo Crediticio

Dado que las organizaciones en Colombia que son vigiladas por la Supersolidaria deben evaluar permanentemente el riesgo de crédito al que está expuesta su cartera, tanto en el momento de otorgar los créditos como a lo largo de la vida de estos, estas deberán para todas las modalidades de crédito (consumo, vivienda, comercial y microcrédito), adoptar metodologías o criterios que les permitan durante la etapa de otorgamiento de crédito evaluar el perfil de deudor del asociado y su capacidad de pago.

En los últimos años se han desarrollado diferentes modelos e indicadores para el análisis del riesgo de crédito y la estimación de la probabilidad de incumplimiento. La Supersolidaria ha diseñado un Modelo de Referencia que permite adoptar el comportamiento de las carteras para la calificación y estimación de la pérdida esperada que es usado por las entidades del sector solidario (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021). En esta sección se describe el Modelo de Referencia de la Supersolidaria para la estimación de la Calificación Crediticia y de la Pérdida esperada.

2.1. Cálculo de la calificación crediticia

El modelo de referencia de la Supersolidaria (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021) requiere el cálculo de la calificación crediticia, la cual es una puntuación que mide la calidad crediticia de un deudor determinado. Dicha calificación se clasifica en una de las siguientes categorías de riesgo, según corresponda:

- Categoría A o “riesgo normal”
- Categoría B o “riesgo aceptable, superior al normal”
- Categoría C o “riesgo apreciable”
- Categoría D o “riesgo significativo”
- Categoría E o “riesgo de incobrabilidad”

Las categorías de Calificación Crediticia de acuerdo con el modelo de la Supersolidaria pueden ser calculadas por una de las siguientes dos metodologías (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021).

2.1.1. Metodología por altura de mora

Según el modelo de referencia de la Supersolidaria, el deterioro individual para las modalidades de vivienda y microcrédito se debe calcular según la calificación otorgada por altura de mora o por riesgo. Además, los casos de créditos nuevos iniciarán su calificación en función de la modalidad de cartera, la altura de mora y el riesgo que tenga el deudor a la fecha de corte de la estimación de la pérdida o deterioro, como se muestra a continuación:

	Calificación A	Calificación B	Calificación C	Calificación D	Calificación E
Vivienda	Hasta 60 días	Más de 60 días hasta 150 días	Más de 150 días hasta 360 días	Más de 360 días hasta 540 días	Más de 540 días
Consumo	Hasta 30 días	Más de 30 días hasta 60 días	Más de 60 días hasta 90 días	Más de 90 días hasta 180 días	Más de 180 días
Microcrédito	Hasta 30 días	Más de 30 días hasta 60 días	Más de 60 días hasta 90 días	Más de 90 días hasta 120 días	Más de 120 días
Comercial	Hasta 30 días	Más de 30 días hasta 90 días	Más de 90 días hasta 120 días	Más de 120 días hasta 150 días	Más de 150 días

Fuente: Supersolidaria, Capítulo II, Anexo 1.

Tabla 1 – Calificación crediticia por altura de mora y modalidad de la cartera

2.1.2. Metodología por puntaje

Para las modalidades de consumo con libranza, consumo sin libranza y comercial-persona natural, la calificación corresponderá a la calculada por el modelo de referencia expuesto por la Supersolidaria en el anexo 2 (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021). El modelo calcula un puntaje, el cual es producto de las características particulares de cada deudor y está dado por la siguiente ecuación:

$$Puntaje = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$
 (1)

El valor de “Z” varía de acuerdo con la modalidad de cartera a la cual pertenece el deudor. En el Anexo 2 de la Superintendencia (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021) se presentan las ecuaciones establecidas en el modelo de referencia de la Supersolidaria que permiten el cálculo del valor de “Z” para cada cartera y la definición de las variables binarias involucradas. Una vez obtenido los valores de Z se establece la calificación de cada deudor en la nueva escala implementada por la Supersolidaria. Los valores de corte (límite superior) de cada calificación en el puntaje producido son los siguientes:

Calificación	Consumo con libranza	Consumo sin libranza	Comercial Persona natural
A	0,0174	0,0559	0,04552
B	0,0337	0,1066	0,2194
C	0,0479	0,2199	0,4904
D	0,0812	0,3690	0,7323
E	1	1	1

Fuente: Supersolidaria, Capítulo II, Anexo 2, sección 3.5.

Tabla 2 – Rangos de calificación por modelos de referencia

2.2. Cálculo de la pérdida esperada

La pérdida esperada (PE) permite analizar el riesgo de crédito y es definida como valor de capital que una entidad tiene en riesgo ante la posible materialización de un evento de impago, en un horizonte de tiempo. Esta perdida es una variable de gran importancia financiera pues es un rubro que afecta directamente el estado de resultados de las entidades en caso de materializarse el impago por parte de los deudores. A continuación, se describen los dos modelos propuestos por la Supersolidaria para cuantificar la pérdida esperada asociada a las diversas carteras. El primer modelo describe la metodología para cuantificar la pérdida esperada para las carteras vivienda y microcrédito y la segunda describe lo equivalente para las carteras consumo y comercial.

2.2.1. Modelo para la cuantificación de la pérdida esperada de las carteras vivienda y microcrédito

La pérdida esperada o deterioro individual de cartera para las modalidades de vivienda y microcrédito se calcula como el porcentaje de deterioro del saldo de la deuda, dichos porcentajes se ilustran en la siguiente tabla.

CALIFICACIÓN	VIVIENDA	MICROCRÉDITO
A	0%	4%
B	1%	30%
C	10%	50%
D	20%	90%
E	30%	100%
E1	60%	
E2	100%	

Fuente: Supersolidaria, Capítulo II, Anexo 1, sección 4.1.2

Tabla 3 – Rangos de calificación por modelos de referencia

2.2.2. Modelo para la cuantificación de la pérdida esperada de las carteras consumo y comercial

En este caso, la pérdida esperada (PE) se define como el valor esperado por riesgo de crédito en un intervalo de tiempo, resultante del producto de tres parámetros esenciales: la probabilidad de incumplimiento (PI), el valor expuesto del activo (VEA) y la severidad de la pérdida dado el incumplimiento (PDI), que son generalmente estimados a partir de la información histórica disponible en los sistemas y se asignan a las operaciones y clientes dependiendo de sus características:

$$PE = PI \times VEA \times PDI, \quad (2)$$

donde las variables involucradas se definen como: PI = Probabilidad de incumplimiento, VEA = Valor expuesto del activo y PDI = Pérdida dado el incumplimiento y se detallan a continuación.

- **Probabilidad de incumplimiento (PI):** Corresponde a la probabilidad de que en un lapso de doce (12) meses, los deudores de un determinado tipo de organización solidaria, según la modalidad de cartera y calificación, incurran en incumplimiento. En el Anexo II de la Supersolidaria (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021) se muestran las probabilidades de incumplimiento para la modalidad de la cartera y el tipo de organización dada la calificación.
- **Valor expuesto del activo (VEA):** Corresponde al monto pendiente si el prestatario incumple, incluyendo los intereses del crédito, los pagos por cuenta relacionados y descontando el valor de los aportes. Este es el importe de deuda pendiente de pago en el momento del incumplimiento del cliente. Para el reconocimiento del deterioro individual de los créditos, en todas las modalidades de cartera, con o sin modelo de referencia, garantizados con aportes sociales, este valor se podrá restar del valor expuesto del activo en un 70%, siempre y cuando, la organización solidaria no registre pérdidas acumuladas, o en el ejercicio en curso, al corte del mes inmediatamente anterior (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021).

- **Pérdida dado el incumplimiento (PDI):** Representa la proporción del préstamo o el porcentaje (%) promedio que, una vez incurre en el impago y afectadas las habituales gestiones para su recobro, no se recuperará tras el incumplimiento. Se define como el deterioro económico en que incurriría la entidad en caso de que se materialice el incumplimiento por parte del acreditado. La severidad de la pérdida se determina por el tipo y el valor de las garantías ligadas al crédito evaluado. Los porcentajes de pérdida dado el incumplimiento se ilustra en el Anexo II de la Supersolidaria (Superintendencia de la Economía Solidaria, 2021).

3. Arquitectura y descripción de la aplicación “Credit Risk Calculator”

La aplicación desarrollada en este trabajo “*Credit Risk Calculator*”, denominada así debido a su funcionalidad, está desarrollada a partir de un algoritmo en Python que permite calcular la calificación de riesgo, la pérdida esperada y las variables de la que depende esta última como los son la probabilidad de incumplimiento, el valor expuesto del activo y la pérdida dado el incumplimiento para las diferentes modalidades del crédito: consumo, comercial, vivienda y microcrédito. Los cálculos correspondientes se realizan de acuerdo con el modelo propuesto por la Supersolidaria y descrito en la sección 2.

3.1. Arquitectura

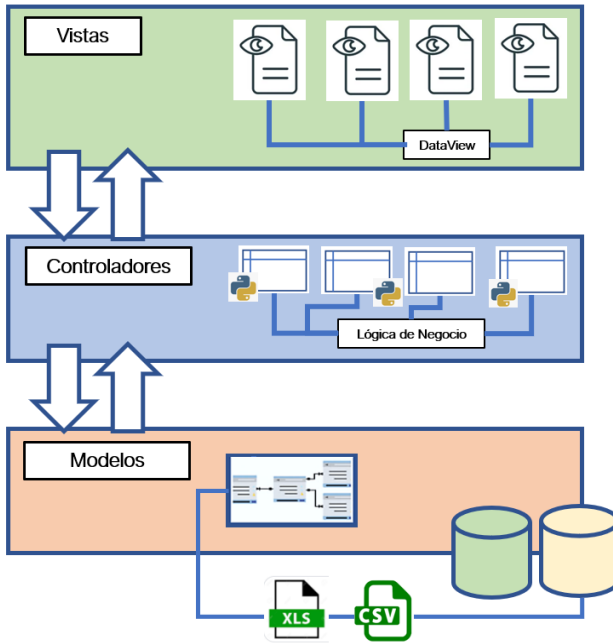


Figura 1 – Arquitectura de la aplicación *Credit Risk Calculator*

Para el desarrollo de la aplicación “*Credit Risk Calculator*” se utilizó el patrón Modelo Vista Controlador (MVC). Este patrón de trabajo se presentó inicialmente con el fin de estructurar aplicaciones interactivas diseñadas de manera modular, de tal manera que se puedan separar los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica del negocio. La idea de este patrón tal como lo describe su nombre (MVC) es descomponer su funcionalidad en tres capas principales. La capa del Modelo contiene la representación de los datos que maneja el sistema, su lógica de negocio, y sus mecanismos de persistencia. La capa de la interfaz de usuario (Vista) dispone de los mecanismos de interacción y la información de comunicación entre el usuario y el sistema. La capa del Controlador se encarga de la intermediación entre el Modelo y la Vista gestionando lo relacionado con el flujo de información entre estos dos capas y las evoluciones para adecuar los datos a las necesidades de las otras capas, además se encarga de recibir los eventos de entrada y salida (Badurowicz, 2011), (Kevin McArthur, 2008), (Glenn E. Krasner, 1988). En la figura 1 se ilustra el modelo arquitectónico implementado.

En el desarrollo de la aplicación, utilizando el paradigma de programación orientada a objetos (POO), se implementó la clase pérdida esperada, la cual contiene los métodos y atributos necesarios para el funcionamiento de la aplicación tal como indica la Tabla 5.

Clase Pérdida Esperada	
Atributos	Descripción
- Tipo_Organización	Tipo de organización solidaria al que se le va a calcular la pérdida esperada.
- Fecha	Se refiere a la fecha de evaluación en la que se calculará la pérdida esperada.
- Ruta_carpeta	Se refiere a la ruta o dirección de la carpeta donde se encuentran los informes requeridos.
Métodos	Descripción
+ Identificar_Tipo_Formato()	Lee la tercera línea de cada informe e identifica el tipo de formato, identificando la palabra ‘Asociados’, ‘Captaciones’ o ‘Crédito’.
+ Identificar_Fecha_Evaluacion()	Lee la tercera línea de cada informe e identifica la fecha de evaluación a través del módulo <i>parser</i> de Python, el cual analiza cadenas de fechas y horas.
+ Obtener_Archivos()	Lee y procesa cada uno de los archivos existentes en la carpeta ingresada de modo que no contengan inconsistencias, originando un DataFrame con la información de cada archivo.
+ Obtener_BDO()	Utiliza el paquete pandas para leer un informe y obtener la tabla correspondiente en un DataFrame.
+ Verificar_Existencia_Variable()	Verifica que los informes de créditos, captaciones y asociados en la fecha de evaluación dada contengan los títulos o encabezados respectivos a los encontrados en el SICSES.
+ Obtener_Morosidad()	Extrae la morosidad de cada informe de crédito con fechas menores a 36 meses de la fecha de evaluación para cada crédito y las almacena en un DataFrame denominado ‘ <i>mora</i> ’
+ Obtener_Mora_Maxima()	Realiza cálculos para encontrar variables como la morosidad máxima en 3, 12, 24 y 36 meses anteriores a la fecha de evaluación y la cantidad de veces que quedó en mora entre dos fechas.
+ Identificar_Modalidad_Cartera()	Toma la columna ‘CodigoContable’ del informe de créditos en la fecha de evaluación actual y a partir de este, encuentra la modalidad de la cartera.

Clase Pérdida Esperada	
+ Obtener_Nuevas_Variables()	Extrae los campos o encabezados que son necesarios para el cálculo de la pérdida esperada de cada informe y con estos, calcula nuevas variables como el plazo, antigüedad, vinculación y modalidad de la cartera, y los almacena en un único DataFrame denominado 'variables'.
+ Obtener_Cuenta_ahorros()	Clasifica a cada asociado con su respectivo monto en su tipo de cuenta de ahorros, generando un nuevo DataFrame denominado 'ahorros'.
+ Unir_DataFrames()	Une los DataFrames encontrados en los métodos anteriores: 'variables' + 'mora' + 'ahorro', utilizando la función 'merge' de pandas en un nuevo DataFrame denominado 'datos'.
+ Extraer_Variables_Binarias()	Calcula las variables binarias ('EA', 'AP', ...) para las carteras de 'consumo con libranza', 'consumo sin libranza' y 'comercial' que permitirán calcular el puntaje. Luego, son agregadas al DataFrame 'datos'.
+ Calcular_Puntaje()	Calcula el puntaje ("Z") dependiente de la modalidad de la cartera a partir de una transformación de las variables binarias calculadas.
+ Obtener_Calificacion()	Obtiene la calificación para cualquier modalidad de la cartera. La calificación en carteras de 'consumo con libranza', 'consumo sin libranza', 'comercial', depende del puntaje obtenido. Mientras que, en las carteras, 'microcrédito' y 'vivienda', depende de la altura de mora.
+ Obtener_PIO()	Obtiene la probabilidad de incumplimiento para cada crédito a partir de las tablas de probabilidad generadas por la Supersolidaria.
+ Obtener_PDIO()	Obtiene la pérdida dada el incumplimiento a partir del tipo de garantía y la morosidad de cada crédito.
+ Calcular_Deterioro_Individual()	Calcula la calificación por 'altura de mora', luego asigna un 'deterioro (%)' a partir de esta calificación, y calcula el valor expuesto del activo como el saldo capital más el saldo de intereses.
+ Calcular_Perdida_Esperada()	Obtiene las variables binarias para cada crédito y con esto calcula un puntaje que posteriormente permite calcular la calificación. A partir de la calificación es calculada la probabilidad de incumplimiento, luego el valor expuesto del activo es calculado como el saldo capital + saldo de intereses - 70% de aportes y finalmente, la pérdida dada el incumplimiento es hallada. La pérdida esperada es el resultado de multiplicar: 'PI' x 'VEA' x 'PDI'.

Tabla 5 – Métodos y atributos de la Clase pérdida esperada

En el siguiente apartado se presentan las funcionalidades del sistema implementado (*Credit Risk Calculator*). Para el ingreso al sistema el usuario debe proporcionar sus credenciales (Login Password) las cuales deben estar previamente registradas en una base de datos. Posterior a la autenticación, la aplicación solicita como entrada el tipo de organización solidaria y la información de créditos, captaciones y asociados. Posteriormente verifica el tipo del formato de los archivos de entrada y las variables requeridas, finalmente se obtiene la calificación de riesgo y la cuantificación de la provisión individual y la pérdida esperada como se observa en la Figura 2.

4. Análisis de los resultados de Credit Risk Calculator para una cooperativa especializada de ahorro y crédito

Para esta investigación se contó con la información de una cooperativa de ahorro y crédito colombiana, la cual contiene la información de crédito de los asociados al corte

de diciembre de 2021. Las variables consideradas en la base de datos suministrada son las siguientes: número de crédito, tipo de identificación, número de identificación, código contable, fecha de desembolso inicial, fecha de vencimiento, valor del préstamo, valor cuota fija saldo, capital, saldo intereses, aportes sociales, morosidad, clase de garantía, tipo de cuota, amortización capital, categoría reestructurada.

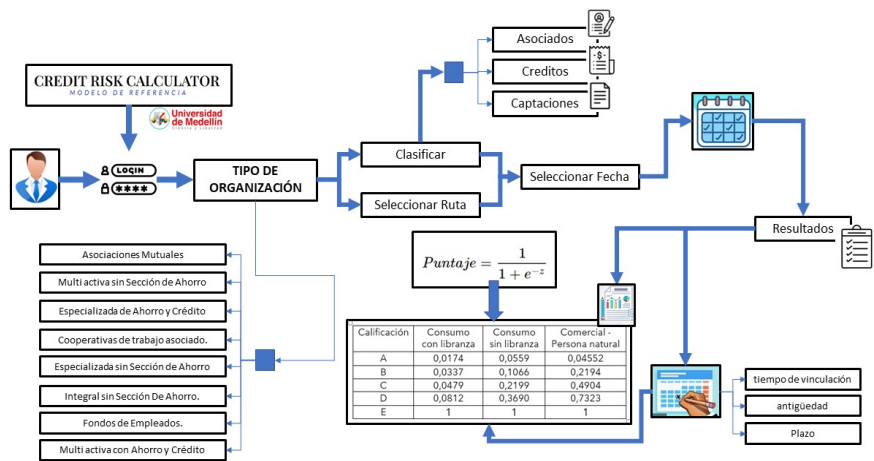


Figura 2 – Funcionalidades del Sistema.

Calificación	Consumo sin libranza	Consumo con libranza	Vivienda	
Calificacion	Deterioro	Saldo (Capital+interes)	Deterioro_individual	
Crédito				
1	A	0,00%	\$47.220.319,0	\$0,0
2	C	10,00%	\$74.436.747,0	\$7.443.674,7
3	A	0,00%	\$23.607.051,0	\$0,0
4	A	0,00%	\$128.597.704,0	\$0,0
5	A	0,00%	\$50.210.702,0	\$0,0
...	...	...	...	...
65	A	0,00%	\$103.345.053,0	\$0,0
66	A	0,00%	\$57.752.629,0	\$0,0
67	A	0,00%	\$30.873.116,0	\$0,0
68	A	0,00%	\$140.947.277,0	\$0,0
Total			\$4.394.785.374,0	\$27.110.315,4

Figura 3 – Deterioro individual, Cartera vivienda
Fuente: Elaboración propia, obtenida de *Credit Risk Calculator*

Como se describió en la sección 2, la calificación por riesgo y la cuantificación de la pérdida esperada se encuentra diferenciada por cartera de crédito. En la Figura 3 se ilustra una vista de la aplicación es posible identificar el total de asociados con crédito de vivienda (68), la calificación y porcentaje del deterioro por cada asociado, el total del valor de la cartera (\$4.394.785.374) así como que el deterioro para dicha cartera es de \$27.110.315, lo que implica que la entidad debe provisionar, para el mes de diciembre, dicho valor en caso de que se materialice el riesgo de crédito.

Para la cartera de consumo con libranza, en la Figura 4 se evidencia la posibilidad de acceder a la información correspondiente al número de asociados que cuentan con crédito de consumo (13085), la probabilidad de incumplimiento, el saldo, la probabilidad dado el incumplimiento y la pérdida esperada por cada asociado. En particular es posible observar que el total de la pérdida esperada para dicha cartera es de \$103.765.969 para mes de diciembre de 2021.

Calificación		Consumo sin libranza		Consumo con libranza		Vivienda
Calificación	PI	VEA	PDI	Pérdida Esperada		
Crédito						
1	A 0,50%	\$12.391.533,4	50,00%	\$30.978,8		
2	A 0,50%	\$2.502.795,6	50,00%	\$6.257,0		
3	A 0,50%	\$1.726.180,1	50,00%	\$4.315,5		
4	A 0,50%	\$4.677.406,9	50,00%	\$11.693,5		
5	B 0,60%	\$3.879.444,0	50,00%	\$11.638,3		
...	...	...	...	...	...	
13082	A 0,50%	\$94.160,0	50,00%	\$235,4		
13083	A 0,50%	\$2.589.488,1	50,00%	\$6.473,7		
13084	A 0,50%	\$3.477.102,2	50,00%	\$8.692,8		
13085	A 0,50%	\$2.658.697,0	50,00%	\$6.646,7		
Total		\$30.867.116.351,2		\$103.765.969,1		

13086 rows × 5 columns

Figura 4 – Pérdida esperada Consumo con libranza
Fuente: Elaboración propia, obtenida de *Credit Risk Calculator*

Finalmente, la Figura 4 resume la pérdida esperada para cada uno de los meses de estudio. Como se puede observar la cartera de consumo con libranza evidencia una pérdida esperada más alta que las anteriores, lo cual se explica en gran parte porque es la cartera en la cual los asociados acuden con mayor frecuencia, adicionalmente también es posible visualizar que la cartera de vivienda representa la menor pérdida, debido a que los porcentajes en los cuales se debe provisionar son menores a las demás cartera debido a que dichos créditos se encuentran cubiertos por garantías usualmente hipotecarias.

5. Conclusiones

El uso de la aplicación “*Credit Risk Calculator*” en entidades del sector solidario facilita la adopción de la nueva normatividad emitida por la superintendencia de economía

solidaria colombiana reflejando las pérdidas potenciales que podrían enfrentar las entidades pertenecientes al sector.



Figura 4 – Pérdida esperada en un periodo de 12 meses
Fuente: Elaboración propia, obtenida de *Credit Risk Calculator*

El modelo para la cuantificación de la pérdida esperada descrito y utilizado en este trabajo puede ser adaptado a las entidades del sector financiero tanto a nivel nacional e internacional, ya que su fundamentación está basada en los acuerdos internacionales de Basilea.

El desarrollo de la aplicación “*Credit Risk Calculator*” usa el patrón Modelo Vista Controlador (MVC) y brinda al equipo de trabajo facilidades importantes relacionadas con tareas de mantenimiento y actualización en el caso que se requieran cambios por parte de las entidades o por cambios en las normas emitidas por las entidades gubernamentales. La aplicación puede ser adaptada a cualquier entidad del sector financiero, debido a que su estructura es configurable.

La Superintendencia de la Economía Solidaria de Colombia propone un modelo de referencia que permite calcular la pérdida esperada para el sector solidario. Como trabajo futuro, se espera proponer un ajuste del modelo implementando metodologías de Machine Learning para el cálculo de la probabilidad de incumplimiento que se ajusten a la realidad de cada entidad.

Referencias

- Altman, E. (2000). *Predicting Financial Distress Of Companies: Revisiting The Z-Score And Zeta. Handbook of Research Methods and Applications in Empirical Finance* (Vol. 5). doi:0.4337/9780857936097.00027
- Arias Serna, M. A., Guzman Aguilar, D. S., & Valdez-Betancur, D. (2021). Sistema de información para la cuantificación de pérdidas esperadas: Una aplicación en las entidades del sector solidario colombiano. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologías de Informacao*, 2021, 444-460.
- Arias-Serna, M., Caro-Lopera, F., & Castaño, D. (2017). Information system for the quantification of financial risk.
- Badurowicz, M. (2011). Mvc Architectural Pattern In Mobile Web-Applications. *Actual Problems Of Economics*, 305-309.
- Basso Winffel, O. (2013). Modelos de Gestión del Riesgo de Crédito. *Superintendencia de Bancos de Guatemala (SIB)*.
- Bayona Rodríguez, H. (2015). El modelo CreditRisk+. *El modelo CreditRisk+*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10554/17924>
- Chatterjee, S. (2016). *Modelos del riesgo de crédito Boletín*.
- Crouhy, M., Galai, D., & Mark, R. (2000). A comparative analysis of current credit risk models. *Journal of Banking & Finance*, 24, 59-117. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(99\)00053-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(99)00053-9)
- Darrell Duffie, K. J. (2003, January). *Credit Risk: Pricing, Measurement, and Management*. Princeton University Press. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00712-003-0038-6>
- Diez-Canedo, J., & López-Gallo, F. (2006, January). Un modelo de análisis del riesgo de crédito y su aplicación para realizar una prueba de estrés del sistema financiero mexicano. *Estabilidad financiera, ISSN 1579-2498, N° 10, 2006, pages. 25-54*.
- Flores Ortega, M. (2012). Metodología utilizada para el cálculo de riesgo crédito en un portafolio eficiente de crédito al consumo. *Tiempo económico*, 7, 15-38.
- García Sánchez, M., & Sánchez Barradas, C. (2005). Riesgo de crédito en México: aplicación del modelo CreditMetrics. *Universidad de las Américas Puebla*.
- Glenn E. Krasner, S. T. (1988). A cookbook for using the model-view controller user interface paradigm in Smalltalk-80. *Journal of Object-Oriented Programming*, 26-49.
- Henao Jassan, R. (2013). Scoring de seguimiento para el cálculo de pérdidas esperadas y capital económico de una entidad colombiana. *Universidad EAFIT*.
- Hilpisch, Y. (2014). *Python for Finance: Analyze Big Financial Data* (1st ed.). O'Reilly Media, Inc.
- Hilpisch, Y. (2018). *Python for Finance: Analyze Big Financial Data* (2nd ed.). (I. O'Reilly Media, Ed.)

- Karasan, A. (2021). *Machine Learning for Financial Risk Management with Python: Algorithms for Modeling Risk* (1st ed.). (O. Media, Ed.) Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=zDdczgEACAAJ>
- Kaur, G., & Sharma, D. (2017, January). Financial risk assessment and management by banks: Evidences from past research. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 15, 265-282.
- Kevin McArthur, P. P. (2008). Patterns, Frameworks, Testing and More. . *Apress*.
- Krichene, A. (2017). Using a naive Bayesian classifier methodology for loan risk assessment: Evidence from a Tunisian commercial bank. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 22, 3-24. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-18862017000100002&nrm=iso
- Li, L. (2021). *Introduction to Python: – Data Science, Quantitative Finance (1.0)*. (L. LI, Ed.) Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=cDM6EAAAQBAJ>
- Medeiros Assef, F., & Arns Steiner, M. T. (2020, May). Ten-year evolution on credit risk research: a systematic literature review approach and discussion. *Ingeniería e Investigación*, 40, 50-71. doi:10.15446/ing.investig.v40n2.78649
- Munafo, F. (2018, July). Aplicación del modelo de merton utilizando vba. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1, 109-123. Retrieved from <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/RIMF/article/view/1419>
- Pasricha, P., Lu, X., & Zhu, S.-P. (2020, June). A note on the calculation of default probabilities in “Structural credit risk modeling with Hawkes jump–diffusion processes”. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 381, 113037. doi:10.1016/j.cam.2020.113037
- Pérez Ramírez, F. O., & Fernández Castaño, H. (2007). Las redes neuronales y la evaluación del riesgo de crédito. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6, 77-91. Retrieved from <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/225>
- Pra Martos, I., Arguedas Sanz, R., Zamarro, A., & Casals, J. (2010). *Gestión y control del riesgo de crédito con modelos avanzados*.
- Rodríguez, M., & Pérez Hernández, F. (2008). Gestión del riesgo crediticio: un análisis comparativo entre Basilea II y el Sistema de Administración del Riesgo Crediticio Colombiano, SARC. *Gestión del riesgo crediticio: un análisis comparativo entre Basilea II y el Sistema de Administración del Riesgo Crediticio Colombiano, SARC*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10554/23889>
- Saavedra García, M. L., & Saavedra García, M. J. (2010, June). Modelos para medir el riesgo de crédito de la banca. *Cuadernos de Administración*, 23. doi:10.11144/Javeriana.cao23-40.mpmr
- Salazar Mantilla, S. S., & Noboa García, P. (2015). Modelo De Pérdida Esperada Para Una Institución De Microfinanzas. *Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10644/4645>

- Solarte, M., César, J., & Caicedo Cerezo, E. (2018, June). Modelos para otorgamiento y seguimiento en la gestión del riesgo de crédito // Models for Granting and Tracking in Credit Risk Management. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 25, Páginas 23 a 41. Retrieved from <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2370>
- Suarez Torres, Nilia Yizel. (2012, May). *El modelo de Merton para la estimación del riesgo de incumplimiento en Colombia*. Universidad del Rosario. Retrieved from <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/3101>
- Superintendencia de la Economía Solidaria. (2021). Sistema de Administración del Riesgo de Crédito, SARC. *Sistema de Administración del Riesgo de Crédito, SARC*.
- Superintendencia Financiera de Colombia. (2021). Modelo de Referencia para la Cartera de Consumo, Capítulo II, Anexo 5. *Modelo de Referencia para la Cartera de Consumo, Capítulo II, Anexo 5*.
- Tavera Farfan, S. (2014). Gestión de riesgos de crédito para empresas del sector no financiero. *Universidad Militar Nueva Granada*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10654/13850>
- Witzany, J. (2017). *Credit Risk Management: Pricing, Measurement, and Modeling*. Springer International Publishing. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=tTs2DgAAQBAJ>
- Yeh, I.-C., & Lien, C.-h. (2009). The comparisons of data mining techniques for the predictive accuracy of probability of default of credit card clients. *Expert Systems with Applications*, 36, 2473-2480. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.12.020>
- Zapata Quimbayo, C. (2021). Estimación del riesgo de crédito en proyectos de infraestructura mediante modelos estructurales. *Contaduría y administración*, 66. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422021000100013&nrm=iso

Plataforma Colaborativa y Ubicua para la Donación de Sangre en Panamá

Deyanira Torres¹, Juan Jose Saldana-Barrios²

deyanira.torres@utp.ac.pa; juan.saldana@utp.ac.pa

^{1,2} Universidad Tecnológica de Panamá, David, Chiriquí, Panamá.

Pages: 189-205

Resumen: El proceso de encontrar donantes de sangre para un familiar o persona cercana que lo necesite es usualmente complicado, retrasado y produce altos niveles de estrés en los familiares. Usualmente las solicitudes se comparten y distribuyen a través de redes sociales, por lo que el registro de los datos del donante y paciente no se almacena y se pierde. Algunas personas desconocen el proceso y aspectos importantes dentro del contexto de la donación de sangre. También sucede que personas donantes no se enteran de las solicitudes de los pacientes o familiares. En este artículo se presenta el análisis y modelado de una plataforma ubicua que facilite el proceso de donación de sangre en Panamá, agilizando el registro, búsqueda e interacción entre solicitantes y donadores de sangre.

Palabras-clave: Aplicación móvil; bancos de sangre; donantes de sangre; grupo sanguíneo.

Ubiquitous Platform for the Collaboration of Blood Donors in Panama

Abstract: Finding a blood donor is very stressful for the family. Usually, the data is shared using social networks. The data of the donor and the patient is not recorded, so a valuable piece of information is lost. Many users are also unknown of the process or essential aspects that must be considered before being a donor. Others never know about the number of patients that required blood with urgency. This work presents the analysis and model of a ubiquitous platform to improve the process and interaction between donors and patients and help build a donor database in Panama.

Keywords: Blood banks; blood donors; blood group; mobile application.

1. Introducción

La donación de sangre es de gran importancia en cualquier parte del mundo, debido a que esta permite salvar la vida de muchas personas.

Hoy en día se puede decir que 9 de cada 10 personas requieren donación de sangre a lo largo de su vida; ya sea a causa de alguna enfermedad como lo son el cáncer y la

leucemia; también se puede dar el caso en que la persona haya sufrido un accidente y requiera pintas de sangre por dicha pérdida, en la cual sus niveles de hemoglobina se ven afectados ya que los mismos tienden a disminuir.

El proceso para conseguir donantes de sangre usualmente no es sencillo. Primero, la información del tipo de sangre requerida, al cantidad y datos adicionales usualmente son compartidos por redes sociales, lo cual no permite guardar un registro de estos datos para su posterior uso y estudio. Segundo, gran parte de los posibles donantes no conocen los requisitos previos para ser donante, por lo que acceden a hacerse la prueba de verificación obteniendo resultados negativos, causando que un tiempo valioso y recursos se pierdan. Tomando en cuenta esta problemática actual, se plantea el análisis y diseño de una solución ubicua que permita crear conciencia y promover la donación de sangre en la población panameña, recopilar los datos de los posibles donantes con anterioridad para disminuir el tiempo requerido, levantar una base de datos de donantes y proveer un canal de comunicación que fomente la relación entre donantes y pacientes. El resto del trabajo está organizado de la siguiente forma: Sección 2 presente los aspectos generales del proyecto. Sección 3 se presenta el proceso de recolección y análisis de los datos. Sección 4 presente el análisis y modelado de la solución. Sección 5 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2. Aspectos Generales

En esta sección se presentarán los antecedentes para el desarrollo del proyecto; el planteamiento del problema, la justificación y el alcance del proyecto.

2.1. Antecedentes

Llamamos donación de sangre al acto voluntario en que una persona concede sangre o sus complementos a otra, que por algún motivo haya presentado una pérdida de este líquido vital para la vida. Los componentes y derivados que contiene la sangre no pueden ser obtenidos o reproducidos de forma artificial.

La primera transfusión de sangre se dio en el año 1667, donde un médico llamado Jean-Baptiste Denis transfiere sangre desde la arteria carótida de una oveja a un adolescente que se encontraba enfermo; sin que este presentara una reacción adversa inmediatamente; actualmente para poder transferir sangre de una persona a otra se debe cumplir con una serie de requisitos debido a que además de salvar vidas se podría estar transmitiendo agentes patógenos, incluyendo virus, bacterias y parásitos, sino se realizan los análisis necesarios en el donante (Baptista et al., 2012)

Según datos estadísticos de la OMS, se recopilan 117,4 millones de unidades sanguínea alrededor del mundo; donde el 75% es donado a países de bajos ingresos y el porcentaje restante le corresponde a aquellos países de altos ingresos, en los cuales la población equivale a un 16% (Sangre, n.d.).

Panamá cuenta con 28 bancos de sangre para suplir a los solicitantes o pacientes que requieran de este líquido, estos bancos se encuentran distribuidos a nivel nacional, once pertenecen a la Caja del Seguro Social, diez al Ministerio de Salud y los otros siete

se encuentran distribuidos entre los hospitales privados o instituciones (Legislativo, 2020b).

La mayoría de los donantes en el país son familiares de pacientes que han requerido de dicha donación; la cual puede verse alterada al momento en que el solicitante posea un grupo sanguíneo diferente al de sus familiares, en estos casos las personas se ven en la necesidad de buscar donantes a través de distintos medios como redes sociales, cruz roja o medios de comunicación. La donación voluntaria en el país ha presentado un descenso de 5% según cifras presentadas por Alina Gonzales, ya que para el año 2015 fue de un 3%, en el 2016 de un 7% y para el año 2017 a 2019 varío a un 6% y 7% (Legislativo, 2020a).

2.2. Planteamiento del Problema

Al hablar de donación de sangre nos referimos al hecho en que una persona se somete a un proceso médico donde se le realiza una extracción de sangre en un periodo de tiempo breve, que posteriormente pasa a ser utilizada por pacientes convalecientes que la requieran o puede ser reservada en bancos de sangre para utilizarse en un momento adecuado.

Para realizar una donación o transfusión sanguínea es muy importante conocer los grupos sanguíneos; en el mundo existen cuatro tipos de grupos sanguíneo, tres de estos fueron descubiertos por Karl Landsteiner en el año 1901 denominándolos con las letras O, A y B; el cuarto tipo fue descubierto por Alfredo de Castello y Adriano Sutrlí en 1903 y lo denominaron AB (Alcaraz-López et al., 2007). Según Sangre Panamá estos grupos se encuentran distribuidos de la siguiente manera en la población panameña; 1 de cada 3 personas poseen A+, 1 de cada 16 personas A-, 1 de cada 12 personas B+, 1 de cada 67 personas B-, 1 de cada 3 personas O+, 1 de cada 15 personas O-, 1 de cada 29 personas AB+ y 1 de cada 67 personas AB-; siendo la O positivo el tipo de sangre más común y el AB- el menos común (Fundación Sangre Panamá, 2021).

Se calcula que con aproximadamente una donación de sangre pueden salvarse 3 vidas, debido al fraccionamiento de la unidad de sangre (glóbulos rojos, plasma y plaquetas).

A pesar de los múltiples beneficios a la salud pública, la donación de sangre no es un acto muy practicado por la sociedad, debido a que existen ciertos factores que limitan este proceso. Algunos autores describen como factores limitantes la falta de información, miedo, mitos que siguen estando presente y también el desconocimiento sobre donde poder donar.

Cabe mencionar que a muchas personas se les hace difícil encontrar donantes de sangre, ya sea porque requieren de un tipo de sangre poco común, porque no conocen a muchas personas, el posible donante busca una remuneración económica o bien porque no saben donde solicitar un donante de sangre que sea compatible con su necesidad. Adicional a esto, las entidades encargadas de la administración de la salud no cuentan con datos actualizados para analizar adecuadamente el problema.

2.3. Justificación

Realizar una donación de sangre o ser donantes es muy importante ya que podemos ayudar a salvar vidas. A diario, muchas personas necesitan pintas de sangre las cuales

pueden ser provistas por el centro hospitalario, pero estas deben ser repuestas ya que la demanda de personas que requieren de transfusiones es muy alta y los hospitales no logran abastecerse. También existen casos en que un paciente necesita una cantidad elevada de pintas de sangre ya sea para la extracción de plaquetas, eritrocitos o plasma y esto deja al hospital escaso ante una emergencia. Dentro de este contexto, se manejan muchos datos, como la información de los donantes, de los pacientes, el tiempo promedio de obtención de una pinta de sangre, datos geográficos. Mucho de estos datos se postean en redes sociales, pero no se encuentran centralizados, en algunos casos inclusive no disponibles o accesibles para poderlos transformar en información vital para el análisis y mejora del escenario actual. Al realizar una búsqueda exhaustiva se puede contemplar que en Panamá no existe una aplicación o sistema en el cual las personas puedan publicar cuando requieran una donación de sangre. Por lo tanto, se plantea el modelado y diseño de una plataforma y aplicación móvil que permita obtener datos de manera ubicua, centralizar la recolección de los datos, generar estadísticas y pronósticos de demanda, y adicional, permita crear conciencia y dar a conocer los centros médicos o puntos en los cuales se puede donar, para facilitar el proceso de donación de sangre en la población panameña.

2.4. Alcance del Proyecto

El modelo de la aplicación estará basado en información recopilada sobre la donación de sangre en Panamá; se realizará el análisis y diseño de la aplicación móvil para donantes de sangre; este modelo es la base para en un futuro desarrollar e implementar la solución propuesta.

3. Desarrollo del Proyecto

Para llevar a cabo el modelado de la aplicación nos basamos en el modelo prescriptivo y la metodología Open UP (Elena Durango Vanegas & Mario Zapata Jaramillo, n.d.) , la cual permite manejar la complejidad de los requisitos que se dan a lo largo del proyecto. Esta metodología está basada en una lista de procesos o fases que permite desarrollar los artefactos y diseños a detalle siendo estas: Incepción, etapa donde se analiza la factibilidad del proyecto, Elaboración en donde se analizan los requisitos y se crean los modelos para el desarrollo de la solución. Construcción, donde se procederá a codificar y construir la solución en la siguiente etapa del proyecto. Transición, en la cual se implementa la solución en ambiente de producción.

De forma esquemática el proyecto estará dividido en las siguientes fases: recopilación de datos o información, diseño y desarrollo.

3.1. Fase I. Recopilación de Datos

La fase de recopilación de los datos se dividió en la etapa de diseño de la encuesta y la etapa de aplicación y análisis de resultados

3.1.1. Diseño de la Encuesta

La encuesta fue desarrollada utilizando la herramienta de Google Forms Esta contenía preguntas relacionadas a la edad, sexo, provincia, grupo sanguíneo, si la persona

había donado sangre entre otras para entender un poco más el contexto del proyecto, el problema y levantar requisitos. En la encuesta se ha utilizado la escala de Likert (María et al., 2012) para medir percepción del paciente. También se agregaron preguntas abiertas y cerradas de tipo dicotómico (Lara & Metodológico Resumen, 2013).

3.1.2. Aplicación y Análisis de la Encuesta

La encuesta fue aplicada a una muestra aleatoria de 100 personas, tanto masculinos como femeninos a nivel nacional. Se difundió principalmente por redes sociales para tener un mayor alcance. Para el análisis de los resultados de la encuesta se utilizó principalmente la hoja de cálculo Microsoft Excel como herramienta de análisis de datos.

De las 100 personas encuestadas, 47 pertenecen al sexo masculino y 53 al sexo femenino; en las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Colón, Coclé, Darién, Panamá, Panamá Oeste y Veraguas.

En la Figura 1, se puede observar las fórmulas que se utilizaron para calcular la varianza, desviación estándar y la media aritmética del rango de edades de los encuestados.

Varianza	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k f_i (x_i - \mu)^2}{N}$
Desviación estándar	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
Media	$\mu = \frac{\sum_{i=1}^k x_i * f_i}{N}$
Número de elementos	$n = \sum_{i=1}^k f_i$

Figura 1 – Fórmulas para la varianza y desviación estándar de datos agrupados.

Fuente: Autoría Propia.

Donde:

- f_i : frecuencia absoluta de cada valor.
- x_i : valor de los elementos de la población.
- σ^2 : varianza de la población.
- σ : desviación estándar.
- μ : media aritmética.
- k : número de clases.

En la Tabla 1, se muestran los cálculos realizados, para obtener la media, varianza y desviación estándar del rango de edades; con la cual se calcula que la edad media es de 27 años, la varianza de 64.5 y la desviación estándar de 8.03.

Los histogramas y polígonos son aquellas graficas de una frecuencia de datos agrupados (Sánchez et al., 2015). En la Figura 2, se muestra el histograma de frecuencia del rango de edades de los encuestados, con una distribución en J invertida; se determina que (59%) tienen una edad de 17 a 26 años, (29%) de 27 a 36 años, (8%) de 37 a 46 años y (4%) de 47 a 56 años. El rango de edades se estableció de 17 a 66 años; debido a que uno

de los requisitos en Panamá para ser donantes es tener 17 años como mínimo y 66 años como máximo (Sanchez, 2022).

R. Edades	Xi	fi	(Xi*fi)	Xi-μ	(Xi-μ) ²	fi(Xi-μ) ²
[17-26)	22	59	1268.5	-5.7	32.49	1916.91
[27-36)	32	29	913.5	4.3	18.49	536.21
[37-46)	42	8	332	14.3	204.49	1635.92
[47-56)	52	4	206	24.3	590.49	2361.96
[57-66)	62	0	0	34.3	1176.49	0
Σ		100	2720			6451
μ	27.2					
σ ²	64.5					
σ	8.03					

Tabla 1 – Cálculos para la media, varianza y desviación estándar del rango de edades.

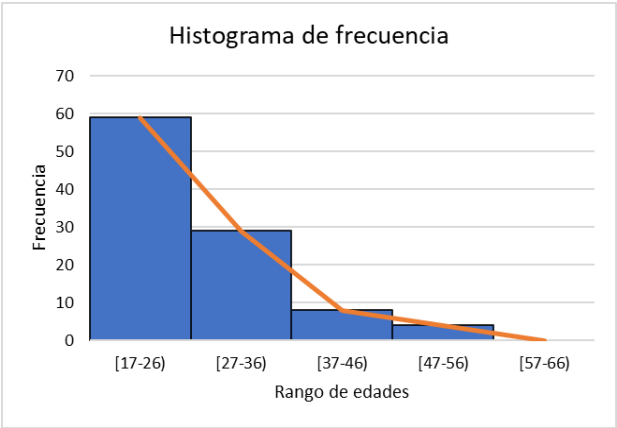


Figura 2 – Histograma de frecuencia en el rango de edades de los encuestados.
Fuente: Autoría Propia.

La Figura 3, nos muestra la gráfica de donación vs sexo, donde se determina que de 47 hombre 7 ya habían realizado donación de sangre alguna vez y los otro 40 no; en cambio de 53 mujeres 9 han realizado donación y las otras 44 no. Con los datos obtenidos se puede establecer que la mayor población de donantes corresponde al sexo femenino.

La Figura 4, nos muestra las provincias en las cuales residen los encuestados; donde 51 de cada 100 viven en Chiriquí, 25 de cada 100 en Panamá, 6 de cada 100 en Panamá Oeste, 5 de cada 100 en Veraguas, 4 de cada 100 en Colón, 4 de cada 100 en Coclé y 1 de los 100 en Darién.

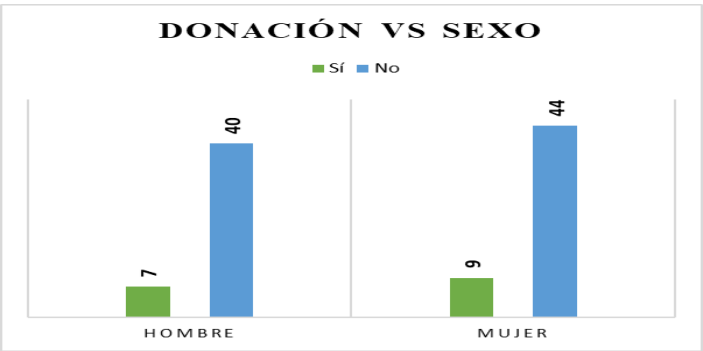


Figura 3 – Gráfica de donación vs Sexo.
Fuente: Autoría Propia.

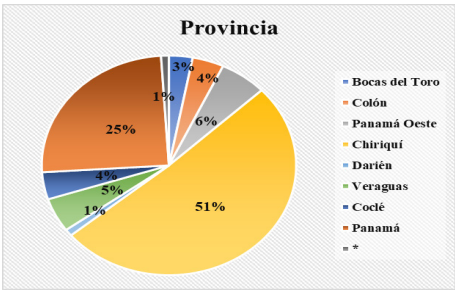


Figura 4 – Provincia donde residen los encuestados.
Fuente: Autoría Propia.

Durante la encuesta se pudieron obtener datos referentes al grupo sanguíneo de los encuestados, los cuales son de tipo O+, A+, B+, AB+, O- y A-, siendo la mayor concentración en el tipo de sangre O+ y A+ lo cual podemos comprobar con la información publicada por la organización Sangre Panamá (Fundación Sangre Panamá, 2021); los porcentajes obtenidos en la encuesta se pueden observar en el gráfico de la Figura 5.

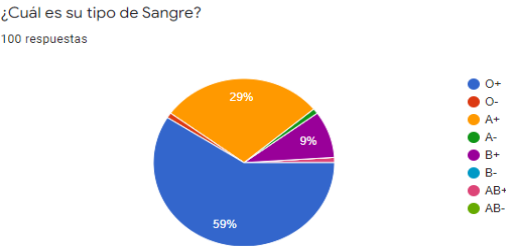


Figura 5 – Grupo sanguíneo.
Fuente: Autoría Propia.

Tan solo 16 personas de los 100 encuestados habían realizado dicha acción y que el 84 restante no lo había hecho; estos porcentajes podemos consultarlo en el gráfico de la Figura 6.

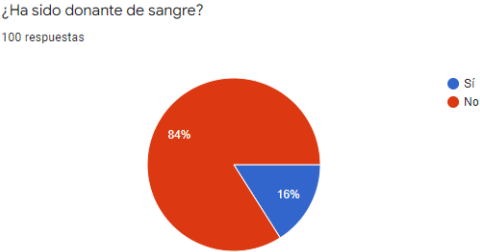


Figura 6 – Gráfico de donantes de sangre.
Fuente: Autoría Propia.

Para ser donantes en Panamá hay que cumplir con una serie de requisitos como por ejemplo tener un rango de edad de 17 a 66 años, no pesar menos de 110 Lb, la hemoglobina mínima para las mujeres es de 12.5g/Hb y para los hombres 13.5g/Hb, no haber ingerido bebidas alcohólicas 48 horas antes de la donación, el donante deberá someterse a unos exámenes para conocer su estado de salud, no asistir en ayunas, etc. (*Banco de Sangre Del Hospital Santo Tomás*, n.d.). La Figura 7 nos muestra que 52 de 100 encuestados conocían los requisitos para poder donar sangre en Panamá, 21 de cada 100 no los conocía y el 27 restante no estaba seguro de conocer todos los requisitos.

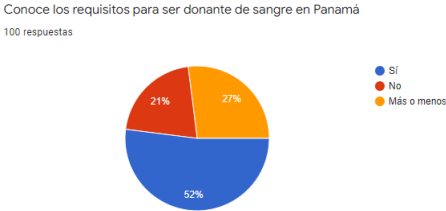


Figura 7 – Conocimiento acerca de los requisitos para ser donante de sangre.
Fuente: Autoría Propia.

El grafico de la Figura 8, nos muestra los diversos medios a los cuales acudirían los encuestados al momento de que requieran de una donación sanguínea; concentrándose un 49% de los encuestados en el contacto directo con familiares o amigos, el 37% acudiría a cualquier medio de comunicación, instituciones o familiares con el fin de obtener la donación.

A diario en los hospitales se requiere de donadores de sangre, ya que muchas personas las necesitan por causa de algunas enfermedades, o aquellas que han tenido algún accidente en el que han perdido dicho líquido. En la Figura 9, podemos observar que 43 de 100 de los encuestados se han visto en la necesidad de solicitar donación sanguínea

ya sea para el uso propio o para algún familiar y que el 57 restante no se ha visto en la necesidad de requerir alguna transfusión.

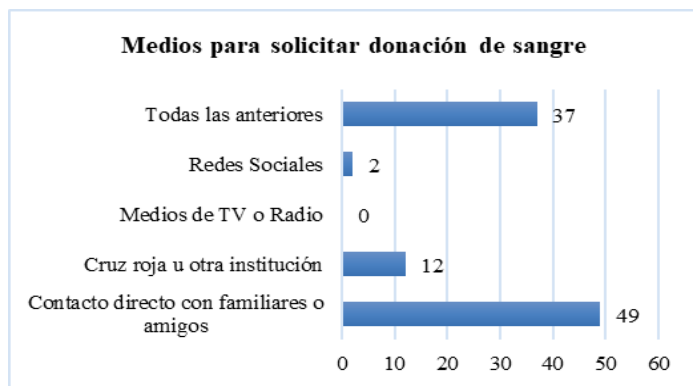


Figura 8 – Medios por utilizar al solicitar donación de sangre.
Fuente: Autoría Propia.

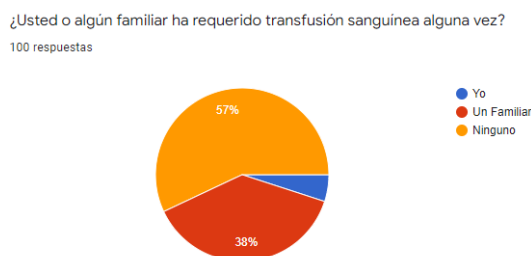


Figura 9 – Personas que han requerido transfusión sanguínea.
Fuente: Autoría Propia.

Cuando el encuestado respondiera que el o algún familiar habían requerido transfusión sanguínea se le preguntaba si había presentado limitaciones conseguir las pintas de sangre requerida; el 51.2% de los encuestados dijo que no tuvo inconvenientes, mientras que el 48.8% si; esto se puede verificar en el gráfico de la Figura 10. Además de esto se le preguntaba a la persona que dificultad había presentado a lo que la mayoría respondió que la falta de personas con el mismo tipo sanguíneo o alguno de los cuales pudiese recibir la transfusión, otros respondieron que los escasos de pintas de sangre en el banco de los hospitales.

Al realizar una búsqueda en Panamá, para conocer si existía una aplicación que promoviera o facilitara encontrar donantes de sangre en el país, observe que en algunos sitios de noticias se hablaba de la creación de una app web por parte de la organización Sangre Panamá y la empresa Esri Panamá; pero al consultar el link de la misma no existía (*Para Promover Donación de Sangre Crean Web “App,”* 2016). Debido a esto se les pregunto a los encuestados si conocían de la existencia de alguna app que permitiera

solicitar y encontrar donantes de sangre en el país y el 100% respondió que no; esto se puede observar en el gráfico de la Figura 11.

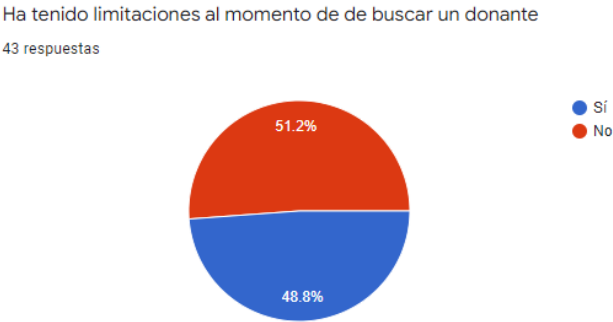


Figura 10 – Limitaciones al momento de buscar donantes.
Fuente: Autoría Propia.

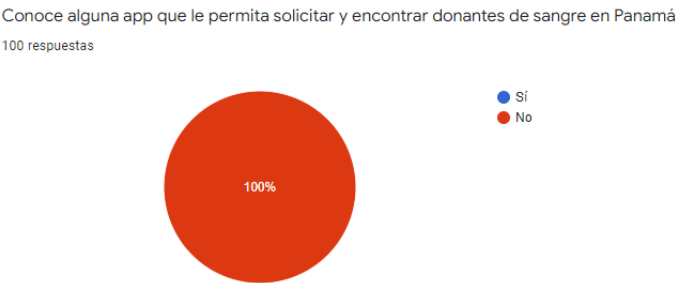


Figura 11 – Existencia de una aplicación de donación de sangre en Panamá.
Fuente: Autoría Propia.

En la Tabla 2, se muestran algunas sugerencias propuestas por los encuestados al momento de llenar la encuesta; la mayoría de las sugerencias tenían que ver con la accesibilidad, un módulo para que el solicitante y el donante pudiesen contactarse sin necesidad de usar app de terceros, hacer reportes, notificaciones, etc.

Poner algún tipo de notificación cuando la donación es de urgencia a los usuarios que tengan ese tipo de sangre que se necesita.	Interactiva y moderna, que se maneje a nivel nacional.
Que sea una aplicación fácil de usar para que las personas mayores que les cuesta un poco la tecnología también puedan utilizar la aplicación.	Una interfaz clara, buen banco de datos, y alguna forma de verificar identidad
Que sea compatible con la mayoría de los dispositivos, aún con aquellos que tienen versiones antiguas del SO.	La aplicación permita calificar a los donantes y permita conversar con el posible donante, sin tener que usar otra aplicación.

Tabla 2 – Sugerencias por parte de los encuestados.

4. Fase II. Análisis y Diseño

En esta fase se realiza el análisis de requerimientos, selección de la arquitectura, el diseño del modelo de datos y de las interfaces mediante herramientas. Se trabajará con una metodología tradicional Open Up para el desarrollo del proyecto.

4.1. Requerimientos

Para la realización de un modelado de una aplicación móvil o un sistema, es muy necesario contar con requerimientos funcionales y no funcionales, para facilitar el diseño. Estos requerimientos permiten a los desarrolladores de un proyecto a comprender los aspectos más importantes para el desarrollo del software, a fin de asegurar que guarde relación con las especificaciones iniciales del proyecto (Páez et al., 2018).

En la Tabla 3, se muestran algunos de los requerimientos funcionales con las iniciales RF y su código para el desarrollo del modelo de la aplicación; por lo general estos requerimientos describen lo que el sistema debe realizar, dependen del tipo de software, los usuarios y el enfoque (Sommerville, 2005).

<i>RF01</i>	El usuario debe registrarse; o iniciar sesión con una cuenta de Google o Facebook.
<i>RF02</i>	El usuario debe realizar un test si quiere postularse como donante.
<i>RF03</i>	La aplicación móvil permitirá al usuario actualizar sus datos de ser necesario.
<i>RF04</i>	Los usuarios pueden realizar búsquedas por filtros (tipo de sangre, ubicación del lugar, fecha de publicación).
<i>RF05</i>	El usuario puede solicitar donaciones de sangre.
<i>RF06</i>	El usuario puede consultar información acerca de la donación de sangre en Panamá (requerimientos, bancos de sangre, campañas de donación de sangre, etc.).
<i>RF07</i>	El donante puede ver un calendario con las fechas de donaciones hechas.
<i>RF08</i>	El donante recibirá una notificación de la siguiente fecha de donación (la donación se debe realizar cada tres meses).
<i>RF09</i>	Los usuarios pueden comunicarse mediante mensajes en la aplicación.
<i>RF10</i>	El solicitante puede calificar y generar reportes sobre el donante.
<i>RF11</i>	El administrador puede revisar los reportes.
<i>RF12</i>	El administrador puede suspender las cuentas de los usuarios.
<i>RF13</i>	El administrador puede administrar las publicaciones.
<i>RF14</i>	El administrador puede añadir, eliminar o modificar la información sobre la donación de sangre en Panamá.

Tabla 3 – Requerimientos Funcionales

En la Tabla 4, se muestran los requerimientos no funcionales con las iniciales RNF y su código para el desarrollo del proyecto; estos requerimientos describen las características y limitaciones del sistema, por lo general son la accesibilidad, facilidad, etc. (Fernández, 2006).

RNF01	La interfaz de la aplicación debe ser de forma legible e interactiva.
RNF02	El tiempo de búsquedas de solicitudes y donantes por parte de los usuarios debe ser de forma rápida.
RNF03	Seguridad de los datos de los usuarios.
RNF04	La aplicación debe ser compatible con los diferentes sistemas operativos.
RNF05	Escalabilidad.
RNF06	La aplicación debe estar al alcance de los ciudadanos panameños.

Tabla 4 – Requerimientos no Funcionales

4.2.Diseño de diagrama de caso de usos

En esta fase se estarán realizando los casos de usos desde la perspectiva de los usuarios. Los casos de usos proporcionan una definición de las necesidades que se deben cubrir en el proyecto desde la perspectiva del usuario que utilizara el sistema; ayuda a determinar necesidades y requisitos (Barranco, 2001). Para la realización de los casos de uso se utilizó la herramienta draw.io.

En la Figura 12, se observa el caso de uso del actor “Administrador”, el administrador realiza un login en la aplicación, luego puede revisar los reportes, suspender cuentas de usuarios, administrar las publicaciones, administrar el mapa, administrar información, y ver los diferentes módulos de la aplicación.

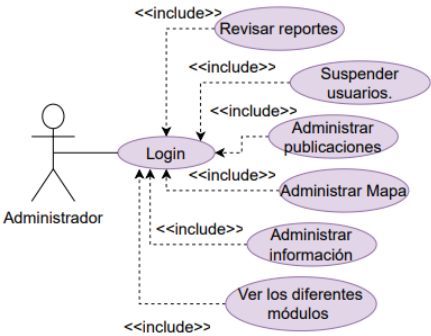


Figura 12 – Actor Administrador.
Fuente: Autoría Propia.

La Figura 13, nos muestra el caso de uso del actor usuario (donantes o solicitantes), para hacer login el usuario debe registrarse; luego de haber hecho el login podrá realizar reportes, ver el calendario de donación, navegar por las listas de solicitudes y de donantes, ver información sobre la donación de sangre en el país y gestionar el perfil; al navegar por las listas de solicitudes el usuario puede contactar al solicitante si lo desea, al igual que al navegar por la listas de donantes si el usuario quiere puede contactar al

donante. En el apartado de gestionar perfil, el usuario podrá realizar una publicación ya sea para postularse como donante o para solicitar donación de sangre.

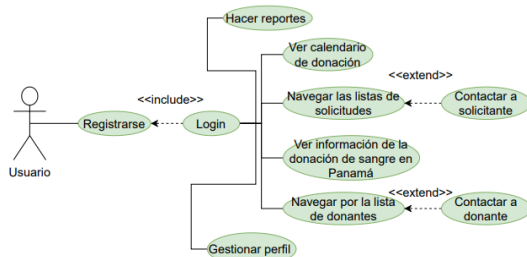


Figura 13 – Actor Usuario.

Fuente: Autoría Propia.

4.3. Diagrama de Arquitectura

Un diagrama de arquitectura nos permite analizar de una manera más detallada como se comunican las diferentes partes del sistema. La Figura 14, nos muestra el diagrama arquitectónico del funcionamiento del sistema, donde el usuario y administrador tendrán acceso a la aplicación la cual estará conectada a internet y para que puedan tener acceso a la base de datos (Vera, 2018).



Figura 14 – Diagrama de arquitectura.

Fuente: Autoría Propia

4.4. Diagrama de Entidad-Relación.

El diagrama de entidad relación es aquel modelo que nos permite conocer como estará formada la base de datos de la aplicación o sistema, para esto se utilizan objetos denominados entidades y relaciones (Campoverde Molina & Jiménez Pesántez, 2020). La Figura 15, nos muestra como estará diseñada la base de datos de la aplicación para donación de sangre, la misma estará compuesta por siete tablas, las cuales son usuario, mensaje, P_Solicitudes, Publicacion, Notificacion, Ubicación y Campaña_Donacion; Para la realización del diagrama se utilizó el gestor de base de datos SQL Server.

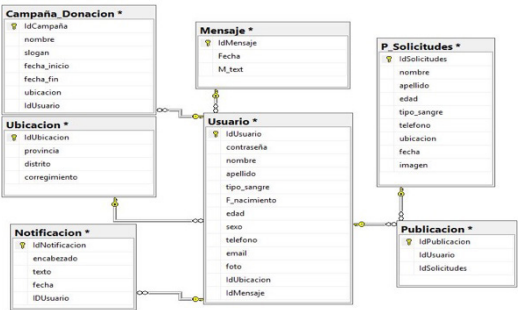


Figura 15 – Diagrama E/R.
Fuente: Autoría Propia.

4.5. Scketch

Los sketches son aquellos bocetos que realizamos en una hoja de papel con la finalidad de tener una idea del diseño de la aplicación que se requiere diseñar. El sketch tiene que reflejar las ideas generales del proyecto (Salgado, 2015).

En la figura 16, se observa el sketch de algunas de las pantallas que debe poseer la estructura o diseño de la aplicación, en la parte superior izquierda esta la pantalla del administrador, en la superior derecha la pantalla del login en la cual deberá ingresar el usuario y contraseña o iniciar sesión con una cuenta de Google o Facebook, en la parte inferior izquierda de la figura se muestra la pantalla principal o búsquedas de publicaciones, en la inferior derecha esta la pantalla perfil de usuarios la cual debe contener los datos del usuario y en la sección del más puede postularse como donante o hacer una solicitud de pintas de sangre.



Figura 16 – Sketch de las pantallas de la aplicación.
Fuente: Propia.

4.7. Mockup

El mockup se trata de una representación más avanzada del diseño gráfico de la aplicación o proyecto. A diferencia del Wireframe y el sketch, el mockup está diseñado con diferentes colores. Los mockups incluyen los detalles visuales como el color, tipografía, imágenes, logos que contendrá la aplicación (Salgado, 2015). En la Figura 18, podemos observar el diseño del mockup de la aplicación, en esta etapa ya el diseño contiene los logos y colores, el logo se diseñó con ayuda de algunos sitios web y Paint.



Figura 18. Mockup de la aplicación.
Fuente: Autoría Propia.

5. Conclusiones

La donación de sangre es muy importante en cualquier parte del mundo. Cualquier herramienta que mejore los procesos ayudaría a salvar la vida de personas.

Nuestro país no escapa de esta situación; la recolección de datos y el análisis de la encuesta realizada a las personas que habían requerido transfusión sanguínea, muestra que el 41% indicaron que al momento de buscar donantes experimentaron múltiples limitaciones a causa de la incompatibilidad del tipo de sangre de los donantes, falta de voluntarios para la donación, algunas personas solicitaban dinero a cambio de la donación, personas no aptas para la donación por no cumplir con los requisitos necesarios entre otros. Toda esta serie de complicaciones extienden el tiempo de obtener un donante a un tiempo mayor a 24 horas.

El modelo prescriptivo utilizado para el desarrollo del proyecto permite tener una clara definición del alcance de la solución y los diferentes requerimientos, diagramas, y diseños necesarios. Esta metodología además de permitir dividir el proyecto en fases, a mantener un orden y alcanzar los objetivos de tiempo, costo y calidad.

La solución modelada en este proyecto permitirá que el proceso para encontrar donantes sanguíneos sea más rápido y eficiente, disminuyendo el tiempo necesario para conseguir un donante en nuestro país.

Permitirá también levantar una base de datos de donantes para en un futuro realizar investigaciones evaluando, por ejemplo, patrones de comportamiento de la población en este contexto.

Referencias

- Alcaraz-López, J. L., Bonilla-Zavala, R., Luna-González, J., Montes-Ledesma, M., Sánchez-Huerta, R., & Chávez-Durán, M. Á. (2007). Investigación en el trabajo diario de inmunohematología. Fenotipos eritrocitarios y protocolo para encontrar sangre compatible en pacientes con aloanticuerpos antieritrocitos. *Gaceta Medica de Mexico*, 143(SUPPL. 2), 23–27.
- Banco de Sangre del Hospital Santo Tomás. (n.d.). Retrieved April 4, 2022, from <https://www.hospitalsantotomas.gob.pa/banco-de-sangre-2/>
- Baptista, B., Fernández, J., Fragoso, M., Sequeira, S., & Rivero, R. (2012). Donación de sangre y prevalencia de infecciones transmitidas por la sangre en una clínica de Luanda, Angola. *Revista Electrónica de Las Ciencias Médicas En Cienfuegos*, 10(2), 111–119.
- Barranco, J. (2001). *Metodología del análisis estructurado de sistemas* (Universida).
- Campoverde Molina, M. A., & Jiménez Pesánte, J. P. (2020). Desarrollo de un sistema informático que sistematiza el proceso de adaptaciones curriculares de estudiantes con o sin necesidades educativas especiales del distrito 01do8 sísig – educación. *DOMINIO DE LAS CIENCIAS*, 6, 815–835.
- Elena Durango Vanegas, C., & Mario Zapata Jaramillo, C. (n.d.). *Una representación basada en Semat y RUP para el Método de Desarrollo SIG del Instituto Geográfico Agustín Codazzi* (Vol. 6, Issue 1).
- Fernández, V. (2006). *Desarrollo de Sistemas de Información una Metodología Basada en el Modelado* (Edicion UP).
- Fundación Sangre Panamá. (2021). *Donación Voluntaria de Sangre*.
- Lara, D., & Metodológico Resumen, A. (2013). ¿Ítems Politémicos o Dicotómicos? Un estudio empírico con una escala unidimensional. *Revista Argentina de Ciencias Del Comportamiento*, 5, 30–37. <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/racc/>
- Legislativo, T. (2020a). QUE CREA INCENTIVOS PARA LA DONACION VOLUNTARIA DE SANGRE Y O PLASMA CONVALECIENTE. *Asamblea Nacional*.
- Legislativo, T. (2020b). QUE IMPLEMENTA LOS MINI BANCOS DE SANGRE A NIVEL PROVINCIAL Y DISTRITAL Y SE DICTA OTRAS DISPOSICIONES. *Asamblea Nacional*.

- María, A., Echaury, F., Minami, H., Jesús, M., & Sandoval, I. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas Docentes*, 50. <https://doi.org/10.19136/PD.AoN50.589>
- Páez, P., Arias Peralta, C., & Wanumen, L. (2018). Metodología para elaboración de requerimientos en aplicaciones con servicios web. *Revista Vínculos*, 15(2322-939X), 160–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/2322939X.13505>
- Para promover donación de sangre crean web “app.”* (2016). <https://sertv.gob.pa/crisolfm/para-promover-donacion-de-sangre-crean-web-app/>
- Salgado, C. (2015). Sketchs, mockups, wireframes y prototipos. *Mosaic*, 1696–3296. <https://doi.org/https://doi.org/10.7238/m.n131.1524>
- Sánchez, E., Inzunza, S., & Ávila, R. (2015). *Probabilidad y Estadística 1* (Grupo Edit).
- Sanchez, J. (2022). *Información que usted debe conocer para donar sangre*. <https://prensa.css.gob.pa/2022/01/18/informacion-que-usted-debe-conocer-para-donar-sangre/>
- Sangre*. (n.d.). Retrieved March 1, 2022, from <https://www.paho.org/es/temas/sangre#:~:text=En el mundo se recogen,recogen 100 millones de donaciones>.
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería de Software* (VII-Pears).
- Vera, I. D. G. (2018). Market Cart App. Aplicación móvil para la gestión de compra de víveres en línea. *Tecnología Investigación y Academia*, 6(1), 3–17.

Modelo de Negocios Fintech Apoyado en el Capital Intelectual

Nicolas Meneses Guerrero¹, Víctor Hugo Medina García¹,
Abel Antonio Navarrete López¹

nmenesesg@correo.udistrital.edu.co; vmedina@udistrital.edu.co;
anavarrete@udistrital.edu.co

¹ Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Colombia

Pages: 206-220

Resumen: En los últimos tiempos los países en vía de desarrollo han ido adoptando proyectos de emprendimiento, dado que son vistos como ayudas para solucionar varias de sus problemáticas sociales, pero en su puesta en marcha estos carecen de información y/o apoyos, para esto se planteó un modelo de negocios, se espera que este motive a los lectores a ver oportunidades de desarrollo brindando información en términos como ciencia, tecnología e información, a partir de la gestión de la conocimiento en el sector FinTech para proyectar futuras investigaciones.

Palabra-Clave: Fintech, Conocimiento, Gestión, Gestión del conocimiento, Capital individual.

Fintech Business Model Supported by Intellectual Capital

Abstract: In recent times, developing countries have been adopting entrepreneurship projects, since they are seen as aids to solve several of their social problems, but in its implementation these lack information and / or support, for this a business model was proposed, it is expected that this motivates readers to see development opportunities by providing information in terms such as science, technology and information, from the management of knowledge in the FinTech sector to project future research.

Keywords: Fintech, Knowledge, Management, Knowledge Management, Individual Capital.

1. Introducción

La gestión del conocimiento se define como un conjunto de procesos ordenados continuamente que permiten la creación de activos intangibles, descubriendo las capacidades y sus habilidades de uso, así como el manejo y la transferencia de los múltiples activos adoptados para la retroalimentación general de estos procesos.

Esta investigación planteó un modelo de negocios Fintech apoyado en capital intelectual, para fortalecer el emprendimiento en el contexto empresarial y social, implementando múltiples modelos empresariales e incrementando la productividad de las pequeñas y medianas empresas en épocas post covid19 (Ammirato S, 2020).

Los países en vía de desarrollo cuentan con muchas oportunidades para resolver problemas sociales de salud en la situación post pandemia y por tanto las empresas deben evolucionar y buscar maneras de no caer en la obsolescencia, por lo tanto, estas nuevas estrategias permiten llegar a más personas y ofrecer una mayor cantidad de productos y servicios dada la demanda que existe.

2. Fundamento Teórico

2.1. Modelo de gestión del conocimiento

Los modelos de gestión de conocimiento tienen la finalidad de transferir la información reunida desde su punto de origen hasta el contexto específico en el cual se quieren emplear, esto se logra gracias a varios modos en los que se puede tratar la información:

- Creación de bases de datos
- Repositorios de alojamiento de datos
- Navegadores de búsqueda
- Internet

Esto presenta beneficios a la calidad de los productos y servicios que se ofrezcan ya que mejoran la sinergia entre los grupos de trabajo y simplifican los procesos de manejo y producción de información (AL Sapién Aguilar, 2019) (Litvaj, 2015).

Cuando se habla de gestión de conocimiento, se da referencia al proceso enfocado a desarrollar y aplicar conocimientos que tienen las empresas u organizaciones, acoplando esta para que se adapte a los problemas en los cuales se requieran, esto ayuda no solo al aumento de ventajas competitivas sino la producción de productos prestados.

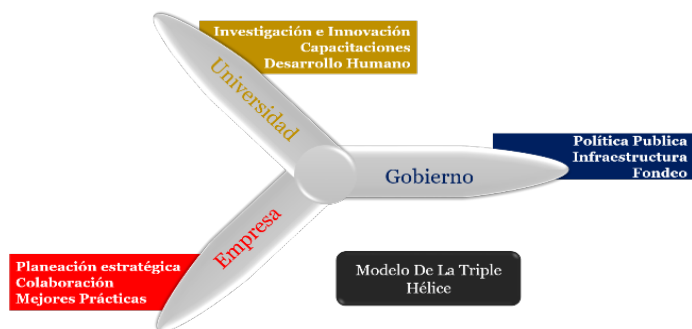
La gestión del conocimiento puede tener múltiples propósitos y estos pueden ir dirigidos a procesos que consisten en realizar recopilación de información para el contexto en el que se necesite, conocimiento tácito, y partiendo de lo obtenido, se realiza su proceso de adaptación para su disponibilidad al todo momento en el que se requiera.

Las características del conocimiento tácito son importantes de conocer para que al momento de emplearlo y manejarlo no se cambie como tal la información “Tácita” sino que se cambien sus aplicaciones, estas características son:

- La información no se pierde, solo se transforma para adaptarla; por lo que esta perdura en el tiempo
- El conocimiento no va directamente de la mano con la aplicación que se le dé
- Es multipropósito, por lo cual el valor de la información se debe a la manera en la que se use y en como esta tendrá utilidad en el contexto que se trabaje.
- Se puede acumular, por lo que entre más información haya sobre un tema, más crecimiento tendrá ese campo; ya que se cubren múltiples aspectos.

2.2. Modelo triple hélice

Uno de los modelos de emprendimiento más conocido es el modelo triple hélice, en este se incluyen las interacciones de tres actores (Empresa, Universidad, Gobierno) que tienen gran relevancia en el desarrollo y trabajo de ideas. Su interacción da como resultado avances que solventan problemáticas sociales en que estos tienen implicación directa o donde tengan oportunidad de inversión, y su participación puede ser de manera individual donde resuelven problemas específicos, o también actúan de manera conjunta donde se evidencian resultados de manera más extendida dados sus puntos de vista (AL Sapién Aguilar, 2019) (Ammirato, 2020) (Litvaj, 2015).



Fuente: Adaptado de Etzkowitz y Loet Leydesdorff

Figura 1 – Modelo triple hélice.

Fuente: Adaptación de Etzkowitz y Leydesdorff (1997).

2.3. Empresas FinTech

Las empresas FinTech se definen como empresas que tienen un formato de Start-up (Empresa emergente dominada por una filosofía de negocio innovadora que se destaca por ser escalable y dinámica) en donde su principal característica es verse apoyadas en el uso de tecnología digital y herramientas que se asocien a ellas, se usan para ofrecer servicios financieros a agentes económicos de maneras “nuevas” (Hommel, 2020).

Se espera que las empresas que han implementado el concepto de FinTech renueven los sectores financieros (Haddad, 2018) (Hornuf, 2020), y den servicios a partes del mercado donde la cobertura de los bancos no ha llegado, sus principales características son:

- Se basan en partes específicas de las finanzas, esto da la oportunidad de mantener una oferta vertical de la actividad financiera, que es contrapuesta a la amplia oferta de servicios que muchos bancos proponen
- Mediante el uso de las TIC Las Fintech dan soluciones de menor complejidad a problemas de carácter financiero que la mayoría de veces son atendidos de manera insatisfactoria por los bancos.
- Las Empresas Fintech parten de formatos Start-up, los cuales tienen filosofías donde se cambian los formatos que se han establecido, desarrollándose en ambientes de redes sociales bajo la premisa de igualdad entre los clientes

- Desde el surgimiento de la empresa, estas se presentan como una alternativa a los bancos tradicionales, la oferta es una competencia a los productos bancarios y lo hacen con la idea de ser más directos, eficientes y transparentes en sus procesos, lo cual muestra su contrariedad a los procesos de los bancos.



Figura 2 – Actividades de Las Fintech y sus campos de acción.
Fuente: (Hommel, 2020)

Los servicios que las Fintech más prestan en Colombia son:

- Segmentos de pagos y remesas: Es la actividad donde más están presentes las FinTech, se entiende a esto como servicios de pagos en línea (PSE *Pago Seguro En línea*) y transferencias de dinero a nivel nacional e internacional
- Prestamos: Esta actividad consiste en dar préstamos a personas naturales para ayudarlos con sus actividades, esto representa un 18% de las actividades Fintech en Colombia
- Asesoramiento y gestión de patrimonios: Esta actividad se enfoca en las Start-up que enfocan actividades en redes de inversión, y en las que prestan servicio de asesoría a inversores nuevos
- Gestión de finanzas de la empresa: esta actividad representa un 15% del total de start-ups financieras en Colombia y Latinoamérica
- Crowdfunding: Con esto se hace referencia al financiamiento en grandes masas para invertir en proyectos de activos o de tangibilidad media
- Identidad de Fraude: Empresas que mejoran continuamente las tecnologías adoptadas para el cálculo de los puntajes financieros, la identificación de usuarios y el mantenimiento de la seguridad de los sistemas de servicios
- Trading y mercados: Representa un 3% del mercado de Nuestro país, las empresas que dedican sus actividades a esto buscan restar servicios se asesoría en seguimiento y análisis de mercados financieros
- Tecnologías empresariales para instituciones financieras: En esta actividad se busca desarrollar tecnologías que optimicen el funcionamiento y rendimiento de las grandes instituciones financieras (ParqueSoft.BDS, 2021)

El soporte de los FinTech se debe a las herramientas tecnológicas que han ido acoplado a lo largo de sus ciclos de vida. Estos al ser aplicados en problemas financieros, los cuales

son su principal enfoque, pueden resultar propuestas nuevas e innovadoras, algunas de las herramientas resultantes son:

- **Blockchain:** Se usa para el funcionamiento de criptomonedas, trata de bloques de información que están entrelazados, y ya que comparten fuentes, la información se puede mover, editar ni eliminar sin que se guarde un registro de ello, gracias a esto se suprime la necesidad de intermediarios como bancos u otras entidades para llevar a cabo estos movimientos de dinero.
- **Machine Learning:** Usado para los “Chatbots” que asesoran las personas en consultas, esta aplicación de inteligencia artificial usa el concepto de aprendizaje de las máquinas para resolver un número de tareas específicas dado el conocimiento que ha obtenido con las interacciones con las personas, y los resultados obtenidos de éxito o fracaso en estas mismas.
- **Interfaces de programación de aplicaciones (API):** Gracias a estas es posible que diferentes programas trabajen de manera conjunta o unificada entre varios dispositivos o ambientes de software, facilita el tratamiento de información y reducen la cantidad de software que se incluye en procesos de pago o compras de productos.
- **Servicios:** Los servicios prestados por las Fintech y sectores de mercado en las cuales se involucren, les permite estar en contacto las Pymes (Abbasi, 2021). Las herramientas que más se pueden aprovechar en la prestación de servicios son plataformas de financiamiento, mercados electrónicos y servicios de descuento en facturación.
- **Plataformas de financiamiento:** Ya que las Pymes no suelen necesitar prestamos de grandes cantidades de dinero y no tienen vidas crediticias grandes, en los bancos se suele dificultar el reunir información para la evaluación de aprobación o negación de créditos, pero en el caso de las FinTech esto es un proceso de menor complejidad gracias a su modelo de negocio digital, esto ayuda a reducir y en ciertos casos evitar costos, ya que estas aplican metodologías de análisis crediticios en bases de datos extensas donde los análisis de datos se realizan de manera rápida, con esto se pueden tener análisis de las vidas del propietario y sus transacciones (Abbasi, 2021).

Por lo mencionado anteriormente, progresivamente han nacido empresas que enfocan parte de sus actividades a analizar riesgos en bancos en mercados nacientes. Estos emplean algoritmos que usan como modelos de comportamiento y que van adoptando datos de los individuos a través de sus redes sociales para comprobar su identidad y predecir su capacidad de reacción y comportamiento en diferentes situaciones.

2.4. Fortalezas y debilidades de las empresas FinTech

Algunas ventajas de las industrias FinTech son:

- Inclusión financiera que van unidas con nuevas tecnologías, esto para abarcar sectores que no fueron incluidos por servicios tradicionales (Ocampo, 2017)
- Creación de productos bancarios tomando avances tecnológicos a la mano, estos son buenos ya que son de costo bajo y pueden usarse desde cualquier equipo con conexión a internet, desde teléfonos inteligentes hasta tabletas y computadores

- Normativas de menor exigencia que las impuestas por entidades financieras tradicionales, esto da ventajas en la prestación de servicios ya sean prestamos, pagos, cobros de intereses
- Se pueden reducir costos, lo cual es llamativo para atraer nuevos clientes que se interesen

Algunas de las desventajas de las empresas FinTech, son las siguientes:

- Vacíos en las regulaciones, lo que puede causar problemas y riesgos en las inversiones
- Algunos servicios que prestan las empresas FinTech se pueden prestar para el financiamiento de actividades ilícitas, como lavado de activos, agregando que el seguimiento que se hace a dichas transacciones no es igual de riguroso al que se hace en las bancas tradicionales
- Aumento de desempleo, ya que se reduce la necesidad de personas en los sectores financieros (Ocampo, 2017)

2.5. Modelo Meritum

Este modelo muestra la necesidad que tienen varias organizaciones de mecanismos que las ayuden a descubrir características especiales que hacen que el trabajo de las personas que los apoyan sea de utilidad, y este se vea reflejado en su labor ya que estos son la base del desarrollo de las empresas y que poseen muy pocos reflectores (Cañibano L, 2002)

La finalidad de este proyecto investigativo es analizar clasificaciones que no son visibles de manera fácil y que ayuda a clasificar labores basadas en contabilidad, organización, innovación o vías de desarrollo de las empresas teniendo en cuenta el factor finanzas.

Luego de varias investigaciones, el modelo Meritum puede definirse como la combinación de varios recursos y actividades de capital humano en empresas y como estas al organizarse pueden generar diferentes interacciones que generan orden en estas.

El capital humano está conformado por todo el conocimiento que el empleado ha adquirido a lo largo de su experiencia laboral, esto incluye saberes, capacidades, habilidades, y estrategias de otras personas con las que ha compartido ambiente laboral.

Así como hay habilidades y conocimientos conjuntos de una organización, también los individuos que las conforman tienen habilidades de carácter individual, ejemplos de estas capacidades son imaginación, creatividad, organización y capacidad comunicativa y documentaria, muchas habilidades se protegen de manera legal y se convierten en derechos de propiedad intelectual o industrial, como lo son derechos de autor o patentes.

Otro tipo de capital es el relacional, que consiste en los recursos que están ligados a relaciones externas de las empresas, ya sean relaciones con proveedores de servicios, clientes o relaciones con otras empresas, así como la imagen que tengan estas otras de las compañías, ejemplos de estas son fidelidad, lealtad, exclusividad, y satisfacción de servicios y respeto por reglas reguladoras etc. (Muñoz, 2007).

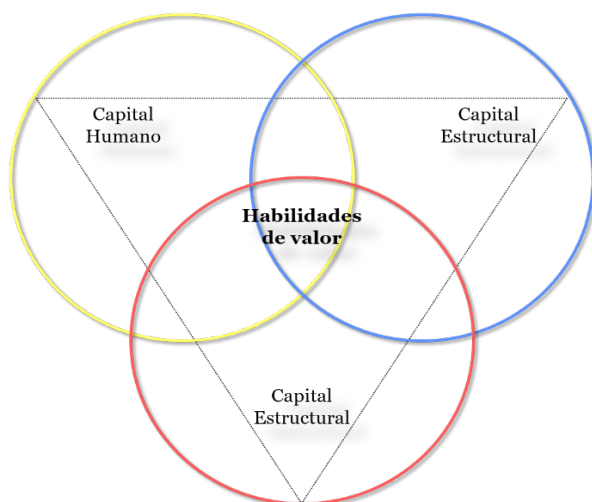


Figura 3- Modelo Meritum. Elaboración Propia

Figura 3 – Modelo Meritum.

Fuente: Adaptación del modelo de (Muñoz, 2007).

2.6. Método Delphi

Para la comprobación del modelo, se aplicó el método Delphi, el cual se basa en el principio de inteligencia colectiva. Se aplica por medio de cuestionarios a grupos de expertos relacionados con el tema y su participación es de manera anónima.

Se realizan diferentes rondas para analizar los resultados obtenidos de las preguntas, el método enuncia tres rondas ya que la opinión de los participantes puede cambiar una vez se vea el modelo y cada vez que se muestren nuevas preguntas las respuestas variarían.

Se usó como referencia este modelo dado que las personas participantes en las preguntas, no serán conocedoras de todo el tema, esto debido a que se quiere contextualizar al público que la responda respecto a la tecnología financiera y a gestión del conocimiento, por lo cual se espera ver cambios de respuestas una vez sea presentado el modelo y su fundamentación (Jaimes, 2009).

3. Modelo conceptual de negocios Fintech apoyado en el capital intelectual

Una vez presentados los modelos, estos fueron usados ya que tienen enfoques en la integración tecnológica financiera, y emprendimiento; se usaron conceptos basados en la gestión del conocimiento donde se proponen y establecen en el modelo debido a que permiten integrar sus componentes y que relacionan sus actores y procesos de negocio en ámbitos como los universitarios y gubernamentales.

La validación de este fue mediante el método Delphi usando opiniones y evaluaciones de personas que tengan conocimiento del tema o que tengan bases de conocimiento para que puedan ser introducidos sin gran dificultad.

El modelo propuesto abarca temas realizados por empresas, universidades y gobiernos planteados en el modelo triple hélice, y se enfocarán estos en la creación, gestión y transferencia de conocimiento tomando como finalidad principal el desarrollo e integración del concepto FinTech expresado.

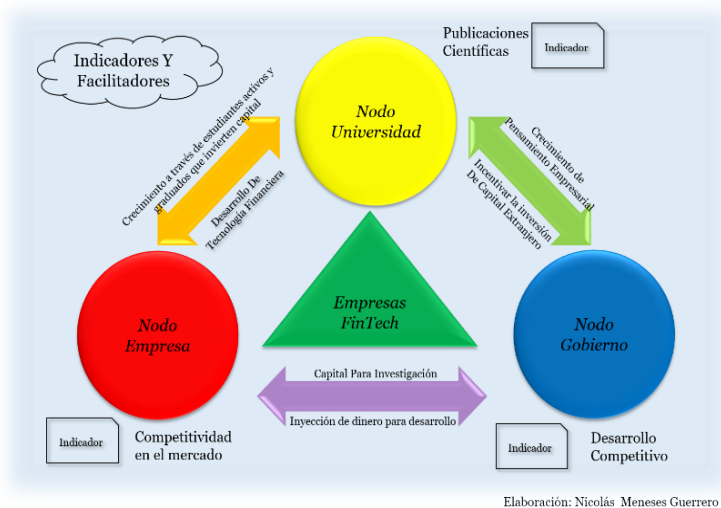


Figura 4 – Modelo conceptual de negocios Fintech apoyado en el capital intelectual.
Fuente: Adaptación del modelo (Medina V H, 2020).

3.1. Nodos del modelo

Tal como muestra la representación, el modelo está compuesto de nodos estos se usan como recurso para mostrar el conocimiento, como este se transfiere, se maneja y se adapta, dados los diferentes contextos en los cuales se puede emplear dados sus elementos el cómo se miden, el nivel y el rol que desarrollan. Entre los nodos habrá varias interacciones, que se llaman facilitadores, se emplearán para colocar mecanismos, procesos, o elementos que impulsan las políticas de las organizaciones, gestionando los indicadores que facilitan la identificación desarrollo y retención del conocimiento

3.2. Actividades desarrolladas en la metodología

El eje principal de todo este modelo es el FinTech, este refleja el contexto del cual se toma el conocimiento y demuestra cómo se aplica en los entes de la organización relacionados, se define como el núcleo principal y se asocia con cada nodo, esto con la finalidad de que su eficacia sea notoria en las diferentes áreas que se necesite, dados los diferentes entornos y usuarios que lo vayan a emplear.

En el Nodo del gobierno los facilitadores que se ubican son: Competitividad con otras ciudades y/o países mostrando la cantidad de servicios que son ofertados, el número de proyectos en ejecución y su nivel de acceso a información, crecimiento económico dadas las interacciones con otros elementos, inversiones, becas e incentivos que los gobiernos, empresas y universidades hagan, esto es con el fin de que tener conocimiento si tienen acceso a servicios tecnológicos y de infraestructura suficiente para sus labores.

En el nodo empresa en los facilitadores que se ubican están procesos como: Medición de éxitos a partir de redes de conocimiento, generación bases de datos y clientes potenciales que se tienen, tiempo en el mercado y su competitividad en operaciones, también están indicadores como la manera en que adoptan herramientas tecnológicas, el cómo realizan inversión en sus proyectos, y maneras de uso, así como difusión de sus conocimientos, gracias a estos se quiere saber sus casos de éxito anual o cada ciertos periodos de tiempo y saber si son spin-off o Startups.

En el último nodo llamado universidad los facilitadores ubicados se referencian índices como: Publicaciones presentadas, teniendo en cuenta la citación de artículos y autores, así como que tan usada y qué tan efectiva fue la transmisión de su información a los demás miembros de la estructura propia o en estructuras ajenas. El número de maestros involucrados en procesos investigativos, ya sean producciones académicas, o relaciones con desarrollos a nivel de empresas.

3.3.Relación entre los nodos del modelo

Las diferentes relaciones de este modelo tienen una finalidad común y es poder desarrollar toda la metodología presentada, esto es para obtener resultados óptimos que proporcionen soluciones a problemas complejos. Una idea es que no solo se obtenga una solución a una problemática sino que se tenga variedad de soluciones que se puedan adoptar, y se plantea que las soluciones no incluyan netamente a las empresas FinTech sino varios contextos en donde se puedan ver similitudes con lo propuesto.

3.4.Gobierno - empresa

La relación de estos se fundamenta en brindar presupuestos con fines investigativos, esto para desarrollar programas que ayuden a industrias. Ya sean programas de crecimiento financiero o marcos conceptuales por proyectos, esta relación permite reactivar e inyectar recursos de carácter económico, que van de sectores privados a sectores públicos, esto es para obtener reconocimientos internacionales ya sean por excelentes resultados como por la importancia de la solución y que a largo plazo significaría inversión de aun más capital extranjero para aumentar los resultados obtenidos.

Para que los países puedan desarrollarse de buena manera, los gobiernos deben tener ciertas tendencias en los mercados dependiendo del tipo de industria que más se acople a ciertas necesidades.

Dado esto se puede dar dos posibles casos:

1. Cuando el gobierno se involucra en ciertas relaciones este mismo debe tener en cuenta las consideraciones que crea necesarias para lograr los objetivos del plan a desarrollar
2. Cuando los gobiernos no tienen una relación directa y tienen políticas más liberales en su economía, intentan que los estados no se involucren en ciertas relaciones que puedan afectar la producción de ciertos campos.

Dado el caso anterior deben aplicarse ciertas normas de control como pueden ser las leyes de propiedad intelectual, esto se ve aplicado al querer proteger intereses de los creadores e inversores de ciertas aplicaciones.

3.5. Empresa - universidad

Es un eje bastante importante del modelo ya que a través de estudiantes graduados y activos de las universidades, las empresas pueden financiar sus ideas de proyectos, esto con el fin que estos tengan más afinidad a sus sectores empresariales y tal sea el caso de éxito, estos se pueda lanzar a proyectos empresariales de mayor amplitud, esto es una ventaja competitiva con otras instituciones ya que desarrollarán su propio conocimiento, esto se implementará gracias a las instituciones de investigación y extensión que brindan asesoramiento industrial y asesoría comercial a los investigadores.

En este caso también se favorece el desarrollo e integración financiera en las empresas aportando conocimientos adicionales, viendo el valor y la probabilidad de ser adquiridos, en la relación presente es importante el nivel de las personas implicadas, es decir, estudios en el tema, porcentajes de vínculos entre universidades y empresas, años de experiencia en el campo de trabajo, capacidad investigativa, dado por el número de empleados y docentes que se rigen hacia la investigación.

3.6. Universidad - gobierno

Se permite un crecimiento de los emprendimientos en las universidades por medio de incentivos, subsidios, políticas de apropiación de conocimientos, y apoyo de creación de centros de investigación. Esto vendría acompañado con mejoras de infraestructura y de ser necesario creación de nuevas universidades o proyectos curriculares que tengan como enfoques los planes de negocio. Esta relación consiste en fomentar inversión extranjera, gracias a esta se otorgan reconocimientos internacionales que son de gran importancia y relevancia, no solo al país sino a nivel personal para las personas implicadas, esto se vería reflejado en producciones y calidad de conocimiento más amplia que ayudaría al incremento y disponibilidad conocimientos, ya sea como propuestas o como proyectos para los gobiernos y la sociedad en general.

3.7. Indicadores de la gestión del conocimiento del modelo

Variables e indicadores que destacan en las relaciones entre los tres nodos del modelo y que permiten establecer la medición real del emprendimiento son:

- Indicadores del Nodo Empresa:
 - Aplicación en las empresas de la tecnología financiera
 - Ubicación: Donde están las regiones y países con intereses en promover lo que se propone

- Organización: Número de empresas conocedoras del termino tecnología financiera
- FinTech:
 - Gestionar dinero: Capacidad de la empresa para utilizar flujo de caja y análisis de patrimonios para lograr sus objetivos
 - Crédito: Las empresas saben cómo se obtienen préstamos y sus consecuencias
 - Gestionar deudas: La empresa tiene conocimiento del uso de la deuda como una herramienta para construcción de activos, teniendo en cuenta cómo resolverlo
 - Gestionar riesgos: La empresa es capaz de proteger los activos y la calidad de vida mediante el uso de estrategias.
 - Planificación de inversión: Alcanzar los objetivos financieros mediante la aplicación de estrategias.
- Capacidad y funcionalidad de la empresa
 - ¿Tiene la empresa mercados donde los empresarios pueden intervenir?
 - ¿Se ofrece una herramienta de pago, liquidación y compensación?
- Indicadores del Nodo Universidad:
 - Matrícula en educación superior, que define por el porcentaje de la población correspondiente a este nivel de educación
 - Cuántas instituciones educativas ofrecen cursos de integración financiera
- Indicadores del Nodo Gobierno:
 - Intervención regulatoria, tasa de crecimiento de las tecnologías financieras a través de 4 Pasos, (1) Aplazamiento, aprender a esperar y analizar la rentabilidad de un proyecto; (2) Expansión, inversión extra en un proyecto rentable; (3) Abandonar un proyecto que da pérdidas y vender o redistribuir sus activos; (4) Contratación, reduce un proyecto que está operando con pérdidas

3.8.Comprobación del modelo

Se usó la herramienta de formularios de Google, el contenido del cuestionario consistió en preguntas sobre tecnología financiera y gestión del conocimiento, luego se mostró el modelo y se dio su explicación, después se realizaron preguntas más enfocadas respecto al modelo de trabajo, se quiso contextualizar el trabajo primero para que la personas sintieran más comodidad a la hora de contestar. Y por último con la gran variedad de opiniones recibidas se esperaba estudiar los campos de acción ideales del modelo para poder re-definir su alcance y ver en que otros campos se puede emplear (Borja, 2020).

Método Usado	Numero de Preguntas	Numero Participantes	Tiempo De Prueba
Método Delphi Adaptado	14	23	3 Días

Tabla 1 – Muestra de resultados obtenidos de la encuesta.
Fuente: Propia

El método de evaluación consistió en 14 preguntas enfocadas al termino de empresas Fintech, Gestión del conocimiento y modelos de gestión del conocimiento, se realizaron

preguntas cortas para evaluar si las personas tenían conocimiento previo sobre estos términos, la mayoría de respuestas fueron el desconocimiento de la mayoría de estos.

La siguiente etapa de la encuesta consistió en dar una breve explicación sobre estos términos, se hizo para la última pregunta de la encuesta, esta tuvo la intención de saber si todos una vez enterados habían cambiado sus opiniones de la encuesta, el resultado fue justamente el esperado ya que muchas personas contestaron que en efecto cambiaron alguna de estas, donde se vio que la mayoría mostró su desconocimiento respecto a los modelos de gestión del conocimiento.

Luego de esto la mayoría de respuestas empezaron a ser coincidentes respecto a que la gestión del conocimiento unida con Empresas FinTech son términos que tendrían una buena sinergia y buenos resultados a largo plazo, esto se justificó con las respuestas de sus preguntas donde mostraban que si estos tuvieran mayor estudio y obtuvieran inversión para su investigación, obtendrían mejores resultados. Esto se debe a que muchos recursos de apoyo intelectual no siempre están de manera abierta sino cerrada para su consulta y que los trabajos de campo son importantes para simular casos de prueba donde se evalúan los avances de sus modelos.

La mayoría de participantes contestaron que para desarrollar un modelo de gestión de conocimiento viable les gustaría tener inversión y apoyo de los gobiernos, donde lo que más resalto fue el notar que muchos esperan que si estos incentivan la investigación y motivan a las personas a desarrollar sus proyectos las personas implicadas devolverán dicho beneficio proporcionando soluciones a múltiples problemas cotidianos

Finalmente se obtuvo que para los participantes un modelo Fintech apoyado en capital intelectual es una metodología de desarrollo viable y rentable, que si logra tener los medios adecuados y así como una inversión importante, los modelos que las personas realicen pueden solucionar problemas de diferentes contextos, lo que incentivara la reinversión de recursos por parte de las empresas y los gobiernos, con esto las personas desarrollarán y mejorarán más herramientas de tecnología, ciencia e innovación.

4. Conclusiones

Una vez que se realizara la investigación para el planteamiento del modelo y la aplicación de método de comprobación, se evidenciaron varias cosas de este proceso: Hablar de gestión de conocimiento es un campo mucho más amplio del que se tenía pensado desde el inicio, debido que esto genera diferentes tipos de comportamientos, en este caso se observó que este es un motor para la innovación de tecnología financiera, y aunque estos modelos aún se encuentren en fases de desarrollo, es claramente deducible que del mismo modo puede existir una gran variedad de modelos similares, que tengan los mismos campos de acción ya que se ha evidenciado qué gran parte de procesos y ajustes del desarrollo e investigación se ha dado en universidades.

Lo segundo es que se evidencia que existen modelos que ayudan a gestionar el capital intelectual, esto se observa por la variedad de campos que se pueden trabajar, los cuáles pueden significar múltiples formas de ingresos para las empresas, que justamente es una gran oportunidad dadas las inversiones que pueden realizar ya sea en universidades o lugares donde se desarrolle el conocimiento, y uniendo esto con planes de gobierno

que tengan relación a lo desarrollado, se pueden escalar muchos proyectos desde niveles bajos, que puedan tomar e implementar las relaciones del modelo propuesto.

En la investigación realizada se encontró qué en muchos modelos de gestión de integración financiera se encuentran coincidencias de campos del conocimiento, pero estos no lo desarrollan del mismo modo. Estos son resultados de varios tipos de gestión y manejo de la información dado el contexto en el que se trabaja, una recomendación para el desarrollo de modelos es buscar múltiples ámbitos en los cuales estos se puedan implementar, teniendo en cuenta sus alcances y que no todos tendrán el mismo nivel de impacto, la idea es que las empresas busquen promover sus propios modelos de gestión y manejo de conocimiento, usando como base los estudios o sus inversiones, todo esto con la finalidad de que sus avances tecnológicos sean significativos, que logren integrar gran parte de la información presente, y que estos sean enfocados a sus propias actividades, ya que así sus modelos no necesitaran inversión adicional.

Referencias

- Abbasi, K., Alam, A., Du, M. A., & Huynh, T. L. D. (2021). FinTech, SME efficiency and national culture: *Evidence from OECD countries. Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120454. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120454>
- Al nawayseh, M. K. (2020). FinTech in COVID-19 and Beyond: What Factors Are Affecting Customers' Choice of FinTech Applications? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 153. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040153>
- Al Sapién Aguilar, LC Piñón Howlet, MC Gutiérrez-Díez, M. Carrera Ramos, R. Sepúlveda López (2019): "Método para elaborar un plan de merca-dotecnia: Una herramienta de gestión del conocimiento para emprendedores". *Revista Latina de Comunicación Social*, 74, pp. 1308 a 1320. DOI: 10.4185/RLCS-2019-1385
- Ammirato, S., Linzalone, R., & Felicetti, A. M. (2020). Knowledge management in pandemics. A critical literature review. *Knowledge Management Research & Practice*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/14778238.2020.1801364>
- Borja, Amarilis H., Carvajal, Héctor R., Vite, Harry A. (2020). Modelo de emprendimiento y análisis de los factores determinantes para su sostenibilidad. *Revista espacios*, 41(24), 183-196.
- Brandl, B., & Hornuf, L. (2020). Where Did FinTechs Come From, and Where Do They Go? The Transformation of the Financial Industry in Germany After Digitalization. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3, 1-12. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.00008>
- Bravo-García, S., Benavides-Bustos, J., Wagner-Martínez, M., & Londoño-Cardozo, J. (2019). Perspectivas de las spin-off académicas, como modelo de emprendimiento en las universidades colombianas. *Desarrollo Gerencial*, 11(1), 131-156. <https://doi.org/10.17081/dege.11.1.3443>

- Carreño Jaimes, M. (2009). El método Delphi: cuando dos cabezas piensan más que una en el desarrollo de guías de práctica clínica. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 38(1), 185–193. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502009000100013
- Cheng, Y., Liu, Y., Fan, W., Yan, Z. y Ye, X. (2019) Triple helix on globalization: A case study of the China International Nanotech Innovation Cluster, *Sage Journals*, 35(2) 272–289. doi:10.1177/0266666917743050
- Colombia se consolida como el tercer ecosistema FinTech, con un crecimiento del 45% y 78 nuevas startups. (2019). *Finnovista*. <https://www.finnovista.com/radar/colombia-se-consolida-como-el-tercer-ecosistema-FinTechcon-un-crecimiento-del-45-y-78-nuevas-startups/>
- Di Castri, S., Grasser, M., & Kulenkampff, A. (2018). Financial Authorities in the Era of Data Abundance: Regtech for Regulators and Suptech Solutions. *SSRN Electronic Journal*, xx. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3249283>
- Gimpel, H., Rau, D., & Röglinger, M. (2017). Understanding FinTech start-ups – a taxonomy of consumeroriented service offerings. *Electronic Markets*, 28(3), 245–264. <https://doi.org/10.1007/s12525-017-0275-0>
- Haddad, C., & Hornuf, L. (2018). The emergence of the global FinTech market: economic and technological determinants. *Small Business Economics*, 53(1), 81–105. <https://doi.org/10.1007/s11187-018-9991-x>
- Hommel, K., & Bican, P. M. (2020). Digital Entrepreneurship in Finance: FinTechs and Funding Decision Criteria. *Sustainability*, 12(19), 8035. doi:10.3390/su12198035
- Hornuf, L., Klus, M. F., Lohwasser, T. S., & Schwienbacher, A. (2020). How do banks interact with FinTech startups? *Small Business Economics*, xx. <https://doi.org/10.1007/s11187-020-00359-3>
- Inicio | *ParqueSoft.BDS*. (2021). *ParqueSoft.BDS*. <https://parquesoft.com/bds/>
- Karlsson, C., Rickardsson, J., & Wincent, J. (2019). Diversity, innovation and entrepreneurship: where are we and where should we go in future studies? *Small Business Economics*, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11187-019-00267-1>
- Litvaj, I., & Stancekova, D. (2015). Decision - Making, and Their Relation to The Knowledge Management, Use of Knowledge Management in Decision - Making. *Procedia Economics and Finance*, 23, 467–472. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00547-x](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00547-x)
- Magnuson, W. (2018). Regulating FinTech. *Vanderbilt Law Review*, 71, 1167–1226. Disponible en: <https://scholarship.law.vanderbilt.edu/vlr/vol71/iss4/2/>
- Medina, V H., Navarrete Abel, A., & Angel, M. (2020). KNOWLEDGE MANAGEMENT MODEL FOR FINANCIAL INTEGRATION OF ENTERPRISES. *International Journal of Mechanical. ResearchGate*; https://www.researchgate.net/publication/348832427_KNOWLEDGE_MANAGEMENT_MODEL_FOR_FINANCIAL_INTEGRATION_OF_ENTERPRISES_International_Journal_of_Mechanical_and_Production_Engineering_Research_and_Development_IJMPERD

- Medina García Víctor Hugo, Navarrete Abel Antonio y Ospina Usaquén Miguel Ángel. (2020). “Modelo de integración de tecnología financiera y mercadeo digital apoyado en la gestión del conocimiento”, *Revista RISTI Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação - Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, N.º E34, 09/2020, págs. 450-462. ISSN 1646-9895. Portugal. Categoría B de Minciencias. <http://www.risti.xyz/issues/ristie34.pdf>
- Meritum (2002). Guidelines for Managing and Reporting on Intangibles (Intellectual Capital Statements). *Vodafone Foundation*. Madrid
- Muñoz, M. P. S. (2007). Medición y difusión del capital intelectual en las pequeñas y medianas empresas: un camino para incrementar la I+D: Recomendaciones de la Unión Europea. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2257402>
- Namchoochai, R., Kiattisin, S., Darakorn Na Ayuthaya, S., & Arunthari, S. (2020). Elimination of FinTech Risks to Achieve Sustainable Quality Improvement. *Wireless Personal Communications*, 115(4), 3199-3214. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-072019>
- Ocampo, M. (2017). Fintech: Tecnología Financiera. In Oficina de información Científica y Tecnológica para el congreso de la unión. https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_17-006.pdf
- Omarova, S. T. (2020). Technology v Technocracy: FinTech as a Regulatory Challenge. *Journal of Financial Regulation*, 6(1), 75-124. <https://doi.org/10.1093/jfr/fjaa00411>
- Peña, S. (2020) Características determinantes de los emprendimientos FinTech para su transformación en modelos de negocio atractivos a financiación. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia]
- República de Colombia. Congreso de la República. (2018). Por el cual se modifica el Decreto 2555 de 2010 en relación a la actividad de financiación colaborativa. [Decreto 1357] DO: 50.671. Disponible: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87770>
- Rupeika-Apoga, R., & Eleftherios. (2020). Ideas for a Regulatory Definition of FinTech. *International Journal of Economics and Business Administration*, VIII(Issue 2), 136-154. <https://doi.org/10.35808/ijeba/448>
- Vuorio, A., Torkkeli, L., & Sainio, L.-M. (2020). Service innovation and internationalization in SMEs: antecedents and profitability outcomes. *Journal of International Entrepreneurship*, 18(1), 92-123. <https://doi.org/10.1007/s10843-019-00266-z>

Marco de Trabajo para el Desarrollo de Aplicaciones móviles Educativas de Pronunciación Enfocado en Usabilidad

Amparo de las Mercedes Meythaler Naranjo¹, Carlos Augusto Rubio Mera²,
Vicente Alexander Guevara Vega³, Fanny Rosario Villagrán Vergara⁴,
Francisco José Rubio Villagrán⁵

ammeythaler@espe.edu.ec; carubio@espe.edu.ec; alexguevara@utn.edu.ec;
frvillagran@espe.edu.ec; fjrubio@espe.edu.ec

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez, 050102, Latacunga, Ecuador.

² Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez, 050102, Latacunga, Ecuador.

³ Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio y Gral. José María Cordova, 100105, Ibarra, Ecuador.

⁴ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez, 050102, Latacunga, Ecuador.

⁵ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quijano y Ordóñez y Hermanas Páez, 050102, Latacunga, Ecuador.

Pages: 221-235

Resumen: Durante los últimos años, el uso de aplicaciones móviles ha pasado a ser una herramienta efectiva para la enseñanza de pronunciación de idiomas, lo cual ha generado una mayor demanda por software educativo para estos dispositivos. Sin embargo, las metodologías actuales no consideran los objetivos de aprendizaje dentro del proceso de desarrollo, lo cual puede llevar a la presencia de errores de usabilidad en el producto final y problemas en el aprendizaje del usuario. Con la finalidad de reducir estos errores esta investigación propone un marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones en donde se integran los procesos de usabilidad del software junto con los elementos y objetivos pedagógicos. Los resultados muestran la eficiencia del marco propuesto en la creación de una aplicación de aprendizaje de fonemas y el efecto positivo que esta tuvo en la mejora de pronunciación de los usuarios ($t=11.8^{**}$).

Palabras-clave: Marco de trabajo; desarrollo de software móvil; usabilidad del software; usabilidad pedagógica; aprendizaje asistido por dispositivos.

Framework for Developing Educational Mobile Applications to Teach Pronunciation Focused on Usability

Abstract: During the last year, the use of mobile applications has become an effective tool for teaching language pronunciation, thus generating a great demand

for educational software in applications. Nevertheless, the current methodologies do not take into account the learning objectives in the development process which can cause error in final product usability and user learning. In order to reduce these errors, this research proposes a framework to develop applications integrating usability and the pedagogical elements. The results showed the efficiency of the framework in the creation of an application to learn phonemes and the positive effect in the improvement of users' pronunciation ($t=11.8$)

Keywords: Framework, mobile software development, software usability, pedagogical usability, mobile assisted language learning.

1. Introducción

La usabilidad del software es considerada como uno de los atributos principales de la calidad, la ISO 9241-11 la define como “la medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso especificado” (Chimarro, 2015), de igual forma específica 3 atributos esenciales que deben ser evaluados para que un sistema se considere fácil de usar: efectividad, eficiencia y satisfacción.

Con la llegada de los dispositivos móviles y teléfonos inteligentes se presentó un nuevo contexto para la validación de las aplicaciones desarrollada para este medio. Nosseir, Flood, Harrison e Ibrahim (2012) señalan que ninguna de las metodologías de desarrollo móvil ágil se enfocan en reducir los errores de usabilidad y para dar solución a este problema proponen un método de desarrollo ágil orientado a la usabilidad denominado Mobile Development Process Spiral, el cual en 5 interacciones de desarrollo dirige y valida la usabilidad en comparación con los requisitos y métricas establecidas en cada iteración.

Con respecto a las aplicaciones móviles de carácter educativo, se han realizado investigaciones que permiten evaluar el nivel de usabilidad y su influencia en el estudiante, según la recopilación de información realizada por Velastegui (2017) y Cáceres y Pow-Sang (2018) las técnicas más utilizadas para evaluar este tipo de software son las pruebas de usuario, cuestionarios y tipos específicos de la evaluación heurística. Cáceres y Pow-Sang añaden que, en las aplicaciones móviles educativas de idiomas, es en donde se ha aplicado un mayor número de técnicas de usabilidad.

Finalmente, Zurita, Baloian, Peñafiel y Jerez (2019) en su evaluación de una aplicación educativa orientada a la pronunciación en el idioma inglés, señalan los problemas que la previa versión de la aplicación poseía por no considerar la usabilidad del producto final y recalcan la importancia de que los softwares educativos incluyan no únicamente una usabilidad técnica sino también una usabilidad pedagógica a la que definen como “el análisis de la forma en que una aplicación educativa (incluidas herramientas, contenido, tareas e interfaz) apoya a los estudiantes en su proceso de aprendizaje dentro de varios contextos de aprendizaje de acuerdo con los objetivos de aprendizaje dados” (2019, p. 5)

Con el objetivo de reducir los errores de usabilidad en el desarrollo de aplicaciones móviles de enseñanza de pronunciación del inglés, en este artículo se propone un marco de trabajo basado en el método Mobile Development Process Spiral de Nosseir (2012). En el proceso se integran los objetivos de aprendizaje del estudiante y los elementos

didácticos que acompañan la aplicación, estos son evaluados al igual que la usabilidad para mantener el desarrollo orientado al aprendizaje.

2. Marco Referencial

2.1. Mobile Development Process Spiral

La complejidad del lado humano en la interacción humana – maquina hace que sea casi imposible crear una aplicación móvil con pocos problemas de usabilidad al primer intento. La combinación del proceso de desarrollo del modelo en espiral y los pasos para evaluar el desarrollo es un enfoque novedoso que puede reducir la cantidad de problemas de usabilidad en las aplicaciones móviles (Nosseir et al., 2012).

Cada iteración del modelo espiral tiene cuatro partes; definición y análisis de requisitos, diseño, implementación y prueba y planificación de la próxima iteración (Nosseir et al., 2012). Con el progreso en esta espiral, aparecerán más detalles de usabilidad. Las evaluaciones de usabilidad en el modelo espiral son iterativas y utilizan una referencia a tiempo para comparar los resultados y modificar y mejorar las métricas (Nosseir et al., 2012).

La primera iteración comienza con la recopilación de requisitos del sistema y la identificación de los usuarios, tareas y contextos de la aplicación; a continuación, se definen los atributos de usabilidad y las métricas para medir cada atributo. Durante esta iteración se dibuja un prototipo de baja fidelidad sobre el cual se aplican diferentes técnicas de usabilidad para calificar el valor de cada atributo seleccionado (Nosseir et al., 2012).

En la segunda iteración el equipo recompila más datos y requisitos de la aplicación, se explora si hay más usuarios potenciales, tareas y contextos; los atributos de usabilidad se redefinen y priorizan. En esta iteración los desarrolladores comienzan el desarrollo de un prototipo de alta fidelidad centrado en la interfaz, el prototipo pasa a ser evaluado y los resultados se comparan con la iteración anterior (Nosseir et al., 2012).

Para la tercera iteración la mayoría de los requisitos de diseño se están volviendo claros y al usar los resultados de la iteración anterior, los desarrolladores pueden identificar y priorizar los atributos de usabilidad. Aquí se desarrolla todo el sistema y se realiza la versión alfa, el equipo de desarrollo utiliza técnicas de usabilidad y mide el valor real de cada atributo, calcula la calificación de cada atributo y compara la calificación con la iteración anterior (Nosseir et al., 2012).

Con los resultados obtenidos en la cuarta iteración se desarrolla la versión beta de la aplicación y es lanzada para su evaluación. Nuevamente, utilizando las técnicas de usabilidad, medimos el valor real de cada atributo, calculamos la calificación de cada atributo y comparamos la calificación con la iteración anterior (Nosseir et al., 2012).

En la quinta iteración, los resultados de la iteración anterior se utilizan para identificar y priorizar los atributos de usabilidad y definir una métrica para medir cada atributo. Se desarrolla el producto final, se realiza una evaluación de usabilidad real y de ser necesario se realizan alteraciones al producto final hasta cumplir con las niveles deseados (Nosseir et al., 2012).

2.2. Usabilidad pedagógica

Mientras que la usabilidad técnica se preocupa en presentar una aplicación con facilidad de uso y de mejorar la interacción humano máquina, la usabilidad pedagógica se enfoca en que la aplicación, contenido y tareas soporten el aprendizaje del usuario dentro de un contexto seleccionado de acuerdo con ciertos objetivos pedagógicos (Zurita et al., 2019). Si bien el desarrollo de aplicaciones educativas soportadas en dispositivos móviles puede fundamentarse en adecuados niveles de usabilidad y diseño, esto no significa que sus funcionalidades apoyen procesos pedagógicos que garanticen el aprendizaje de los estudiantes.

Dentro de una aplicación pedagógica es importante asegurar el cumplimiento de los objetivos educativos con eficiencia, eficacia y satisfacción. La usabilidad pedagógica es el análisis de la forma en que una aplicación educativa (incluidas las herramientas, el contenido, las tareas y la interfaz) apoya a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Debe considerar especialmente los aspectos educativos, como el proceso de aprendizaje, los propósitos del aprendizaje, las necesidades del usuario, la experiencia de aprendizaje, el contenido del aprendizaje y los resultados del aprendizaje (Zurita et al., 2019).

La usabilidad pedagógica debe ser medida dentro un ambiente educacional, en donde el contenido de la aplicación sea consumido por estudiantes, que desean lograr fines educativos específicos, de manera eficaz y eficiente, y obteniendo satisfacción con su aprendizaje. Para medir la usabilidad pedagógica en aplicación móviles el estudio de Ivanc, Vasiu y Onita (2012) proponen 9 métricas de evaluación.

- Instrucción: Si las instrucciones de la aplicación son claras o si necesita la intervención de un profesor.
- Relevancia del contenido de aprendizaje: La medida en que el contenido de la aplicación apoya a los estudiantes en su aprendizaje.
- Estructura del contenido de aprendizaje: El grado en que el contenido de la aplicación está organizado de manera clara, consistente y coherente que apoya el aprendizaje.
- Tareas: La medida en que las tareas realizadas en la aplicación ayudan a los estudiantes a alcanzar sus objetivos de aprendizaje.
- Variables de aprendizaje: La medida en que las tareas realizadas en la aplicación ayudan a los estudiantes a alcanzar sus objetivos de aprendizaje.
- Aprendizaje colaborativo: La medida en que la aplicación permite a los estudiantes en grupos de estudio.
- Facilidad de uso: La provisión mediante la aplicación da instrucciones y descripciones claras de lo que los estudiantes deben hacer en cada etapa cuando se responden las preguntas sobre las actividades de la clase móvil.
- Control del estudiante: Las características que posee la aplicación que permite a los estudiantes hacer elecciones de instrucción. La medida en que el material de aprendizaje se divide en unidades significativas. La medida en que el material de aprendizaje en la aplicación es tan interesante para los estudiantes que los obliga a participar.
- Motivación: El grado en que la aplicación motiva a los estudiantes.

2.3. Necesidades de una aplicación de aprendizaje de pronunciación

Números investigadores han abordado el potencial del uso de la tecnología como un aliado en la enseñanza de pronunciación del inglés como segunda lengua. Los trabajos realizados en el área del entrenamiento de pronunciación asistido por computadora (CAPT: Computer Assisted Pronunciation Training) muestran numerosas herramientas que ayuda en la percepción y producción de fonemas, ya sea indicando las características esenciales de los fonemas o ayudando a las personas a reconocer errores comunes en el aprendizaje (Fouz-González, 2020).

A continuación, se presentan características de las aplicaciones que los investigadores consideran útiles en la aplicación.

2.3.1. Multimedia

Una de las ventajas del entrenamiento asistido por computadora es la fácil integración de multimedia como herramientas de ayuda en el proceso de aprendizaje. La opción de poder reproducir un sonido con la pronunciación específica de un fonema o de palabras completas repetidas veces, ayuda a los estudiantes a trabajar en la percepción y conceptualización de la fonología del idioma inglés (Fouz-González, 2020; Palalas & Wark, 2020). Adicionalmente escuchar la pronunciación de las palabras permite identificar similitudes y diferencias entre los fonemas del inglés y del idioma nativo de la persona, facilitando la reproducción controlada del sonido durante prácticas de repetición (X. Navarro et al., 2015; Yang & Chung, 2019).

El uso de imágenes permite al estudiante relacionar gráficos con conceptos del idioma, aplicaciones como Duolingo utilizan las imágenes para facilitar la asimilación de vocabulario y la pronunciación de ciertas palabras (Rogerson-Revell, 2021). La incorporación de animaciones o videos instructivos en donde se muestra la correcta articulación de los fonemas en tiempo real permite a los estudiantes corregir su propia articulación y tener en cuenta la posición de la lengua durante la reproducción de un fonema, lo cual reduce la influencia del acento nativo en el aprendizaje y da como resultado una mejor pronunciación de las palabras (Rogerson-Revell, 2021).

2.3.2. Prácticas y ejercicios

Un beneficio de utilizar aplicaciones como un medio para el aprendizaje del idioma es que la persona puede practicar a su propio ritmo, en el tiempo y espacio que mejor se ajusten a sus necesidades (Elaish et al., 2017), debido a esta cualidad los ejercicios de práctica deben contener indicaciones entendibles y que siempre sean accesible al usuario durante el tiempo que dura la tarea, además de proveer con el material suficiente para poder realizarlo (Palalas & Wark, 2020; Rogerson-Revell, 2021).

Sin embargo, algunas investigaciones sugieren que el entrenamiento es más efectivo cuando se combina una explicación de instructor junto con las indicaciones de la aplicación (Fouz-González, 2020), esto se evidencia de mejor manera en aplicaciones que fueron desarrolladas como herramientas de ayuda para el profesor durante la sesión de enseñanza y que una vez dada las instrucciones el estudiante pueda practicar de forma independiente en su hogar.

Otros elementos clave para el aprendizaje exitoso del idioma y la pronunciación son la motivación y el compromiso (Zurita et al., 2019). El uso de avatares puede tener efectos positivos en despersonalizar interacciones y por lo tanto reducir la ansiedad, mientras que los elementos de competencia, resolución de problemas y recompensas por completar con éxito los ejercicios puede motivar a los usuarios (Palalas & Wark, 2020; Pennington & Rogerson-Revell, 2019).

2.3.3. Retroalimentación

Una retroalimentación precisa y oportuna es esencial para ayudar a los estudiantes a notar las discrepancias entre su producción o salida y el modelo objetivo. Aunque algunas aplicaciones brindan retroalimentaciones simples e inmediatas (Palalas & Wark, 2020), se considera que una de las dificultades que sufren a menudo las aplicaciones de entrenamiento asistido es dar al estudiante un diagnóstico preciso y la detención automática de los errores de pronunciación (Rogerson-Revell, 2021).

No es raro que las aplicaciones de pronunciación brinden retroalimentaciones erróneas, ya sea que no detecten los errores del alumno o que etiqueten falsamente una pronunciación aceptable como errónea. Este problema se ve agravado por el hecho de que la computadora a menudo no brinda una guía suficiente para corregir errores individuales, por lo que, si bien la retroalimentación puede señalar que encontró un defecto en la pronunciación, el alumno recibe poca ayuda sobre como corregir su error (Rogerson-Revell, 2021).

3. Propuesta de marco de trabajo

El marco de trabajo propuesto busca adoptar el modelo “Mobile Development Proces Spiral” para ser aprovechado en el desarrollo de aplicaciones móviles educativas orientadas a la enseñanza del idioma inglés. Por lo tanto, se seguirá un ciclo de vida similar al ciclo en espiral utilizado por Nosseir (2012), al final de cada iteración se obtiene un componente de la aplicación sobre el cual se puede aplicar pruebas para medir la usabilidad.

- Primera iteración: Prototipo de baja fidelidad
- Segunda iteración: Prototipo de alta fidelidad
- Tercera iteración: Versión Alpha
- Cuarta iteración: Versión Beta
- Quinta iteración: Versión Final (Versión a Implementar)

Antes de ingresar al ciclo espiral existe una fase de Análisis e investigación que sirve para definir la motivación y los objetivos a alcanzar del proyecto. Después se inicia el proceso espiral en donde cada iteración se conforma de 4 fases secuenciales: Determinar requisitos, diseñar, desarrollar y probar y planear siguiente fase.

Como parte de la fase de diseño se pose la elaboración de los ejercicios de práctica para del estudiante y la creación de los contenidos multimedia que los acompañan.

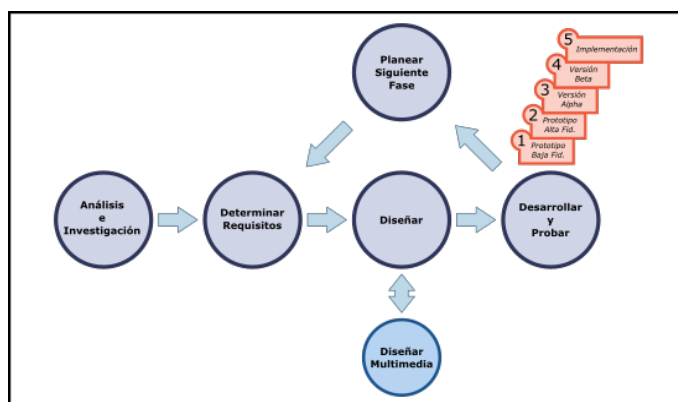


Figura 1 – Iteraciones y fases del marco de trabajo propuesto

3.1. Análisis e investigación

Se inicia por identificar el propósito, motivación y objetivo de la aplicación a desarrollar, para esto el equipo de trabajo se reúne con las personas que poseen la necesidad de la aplicación y discuten sobre los problemas que presentan actualmente en su proceso de aprendizaje o enseñanza, que limitaciones y obstáculos poseen dentro de la forma de enseñanza actual y cuales consideran que serían posibles soluciones.

También se identifica quienes van a ser los usuarios finales de la aplicación, el nivel de conocimiento actual sobre el tema y el nivel a alcanzar con el uso de la aplicación. De igual forma se determina el contexto: Donde va a ser utilizada, si es una herramienta de apoyo para el docente o de práctica para el estudiante, las actividades que se van a ser individuales o colaborativas.

Como la información reunida se puede saber si el sistema a desarrollar se ajusta o no a un entorno móvil, en especial se reconocen las ventajas que los dispositivos móviles podría brindar al proyecto (como la portabilidad, accesibilidad y el uso de sensores, cámaras o grabadoras). Además, se define las métricas de usabilidad del software y usabilidad pedagógica que serán evaluadas durante las iteraciones de desarrollo.

Finalmente, se prepara un informe o plan de proyecto. El marco de trabajo deja a decisión del desarrollador el formato y la metodología para la elaboración de este documento, pero se recomienda implementar la herramienta Scope Canvas cuyo uso se enfoca más a los proyectos de Experiencia de Usuario y Service Design.

3.2. Primera iteración

3.2.1. Determinar requisitos

Durante este paso se definen y valoran los requisitos funcionales y no funcionales del sistema, se priorizan los requerimientos relacionados a los objetivos didácticos de la aplicación para mantener el proyecto enfocado al aprendizaje del usuario. Para el control de requisitos se recomienda el uso de Historias de Usuario, esto permite manejar

el desarrollo dentro de un enfoque ágil y proporciona un marco centrado en el usuario para el trabajo diario.

3.2.2. Diseñar

La fase de diseño se preocupa de la especificación detallada de los componentes a agregar en la aplicación móvil y la categorización de sus contenidos. Conjuntamente se inicia la construcción de la guía de diseño la cual ayuda a evitar inconsistencias y garantiza que el equipo trabaje en un marco único.

En esta fase también se incluye la elaboración de los ejercicios de práctica y del contenido multimedia de apoyo. Es importante que estos sean claros para el usuario; en caso de audio y videos el estudiante debe entender abiertamente lo que se dice dentro de la grabación y en imágenes o animaciones se debe poder identificar fácilmente los que el gráfico representa. Tampoco se recomienda sobrecargar las actividades de bastante contenido multimedia que puedan distraer al usuario o que dificulten la comprensión del objetivo final.

Para el diseño de los componentes y los ejercicios se debe tener en cuenta los principios de usabilidad, las leyes de diseño centrado al usuario y las métricas de la usabilidad pedagógica. Se recomienda el uso de técnicas como Card Sorting y Atomic Design para llevar el proceso por módulos; el uso normativas y kits de interfaz predefinidos como Material Design o Apple Design facilitan y agilizan el proceso de diseño.

3.2.3. Desarrollar y probar

Se procede a desarrollar y esquematizar el prototipo de baja fidelidad de la interfaz de la aplicación, sobre el cual se aplican las pruebas de usabilidad. Se recomienda el uso de técnicas de evaluación como los recorridos cognitivos, los recorridos pluralistas, la observación y retrospectivas para encontrar problemas y medir los atributos usabilidad.

3.2.4. Planear siguiente fase

Se analizan los resultados obtenidos y se planean las actividades para la siguiente iteración.

3.3. Segunda iteración

3.3.1. Determinar requisitos

Para esta iteración el equipo posee un mejor entendimiento de los requisitos usables y pedagógicos de la aplicación, se inicia evaluando si el contexto de uso cambió y si los ejercicios aún cumplen con los objetivos de aprendizaje. De ser necesario se cambia la lista de requerimientos.

3.3.2. Diseñar

Se completa la guía de diseño para la aplicación y se verifica que los cambios a implementar cumplan con los principios y normativas de usabilidad revisados en la anterior iteración.

A continuación, se procede a realizar los cambios en el diseño, ejercicios de práctica y multimedia de apoyo para el nuevo prototipo.

3.3.3. Desarrollar y probar

Durante la fase se elabora el prototipo de alta fidelidad sobre el cual se aplican las pruebas de usabilidad. Además de las pruebas recomendadas en la primera iteración, para esta iteración se pueden también aplicar pruebas de evaluación heurística o de inspección colaborativa de la usabilidad.

3.3.4. Planear siguiente fase

Se analizan los resultados obtenidos y se planean las actividades para la siguiente iteración.

3.4. Tercera iteración

3.4.1. Determinar requisitos

Al igual que la iteración anterior se inicia con la revisión del contexto y de los ejercicios de práctica, se agregan los cambios necesarios a la lista de requerimientos y se preparan los documentos necesarios para que el equipo de desarrollo inicie la codificación. Se incluyen también las pruebas contra las cuales se verificará el cumplimiento de los requerimientos.

3.4.2. Diseñar

En esta fase se incorporan los cambios necesarios y se finaliza el diseño de la interfaz de la aplicación. Se prepara la documentación para la programación de la versión Alpha, esto incluye las plantillas y guía de diseño, los ejercicios para evaluar el aprendizaje y los contenidos multimedia exportados en el formato requerido por el equipo de desarrollo.

3.4.3. Desarrollar y probar

Con la información adquirida de las fases de requisitos y diseño se elabora la versión Alpha de la aplicación, esta debe ser funcional e incluir los ejercicios de practica y material de apoyo para poder mediar el aprendizaje del estudiante.

Para la evaluación de la usabilidad se pueden utilizar mismas técnicas de las iteraciones anteriores y agrega pruebas que involucren a los usuarios finales. La versión también debe ser probada por los estudiantes para evaluar su aprendizaje y el cumplimiento de los objetivos didácticos.

3.4.4. Planear siguiente fase

Si la versión actual cumple con los objetivos didácticos establecidos en el proyecto y pose un nivel de usabilidad aceptable se pasa a la iteración de implementación a producción. Caso contrario se analizan los resultados obtenidos y se planean las actividades para la siguiente iteración.

3.5. Cuarta iteración

3.5.1. Determinar requisitos

Con el equipo de desarrollo se discuten los cambios que se deben realizar a la aplicación, en caso de existir nuevos requisitos estos son redactados y evaluados. Al final se actualiza la lista de requerimientos.

3.5.2. Diseñar

En base a los resultados de la versión anterior se actualizan los ejercicios y el contenido multimedia de la aplicación. Se revisa como se puede fortalecer el aprendizaje con la información obtenida. Junto con el equipo de desarrollo se corrige los errores en el diseño y se prepara todo para la fase de programación.

3.5.3. Desarrollar y probar

Durante esta fase se implementan los cambios en la versión Alpha para obtener la versión Beta de la aplicación. Nuevamente se aplican las mismas pruebas que en la iteración anterior, evaluando tanto la usabilidad como el aprendizaje del estudiante.

3.5.4. Planear siguiente fase

Si la versión actual aún no cumple con los objetivos deseados se analizan los resultados y se repite la iteración. Caso contrario se continua con la iteración a de implementación a producción.

3.6. Quinta iteración

3.6.1. Determinar requisitos

Al llegar a esta iteración ya se tiene un producto que cumple con los objetivos del proyecto y un buen nivel de usabilidad. De igual forma se validó que la parte didáctica de la aplicación haya cumplidos los objetivos propuestos.

Se procede a archivar y etiquetar la información sobre los requisitos para futuros mantenimientos del proyecto.

3.6.2. Diseñar

Al igual que los requerimientos los elementos del diseño, multimedia y ejercicios de práctica son archivados y etiquetados para su uso en futuros mantenimientos.

3.6.3. Desarrollar y probar

Durante esta fase se realizan todas las acciones necesarias para garantizar la accesibilidad de los usuarios finales a la aplicación. Entre estas se incluye la publicación de la aplicación en servidores privados o en una plataforma de distribución de aplicaciones, por ejemplo, Google Play.

Además, se verifica que la aplicación funcione en los dispositivos señalados al inicio del proyecto y en el ambiente de aprendizaje establecido en el análisis e investigación.

3.6.4. Planear siguiente fase

En esta fase se puede emitir un reporte final sobre la aplicación realizada y los documentos archivados.

4. Estudio de caso

En esta sección se describe el desarrollo de una aplicación móvil para la práctica de pronunciación de fonemas del idioma inglés siguiendo el marco de trabajo propuesto.

Durante la fase de análisis e investigación se realizaron entrevistas con los docentes del área de inglés quienes expusieron las dificultades que los estudiantes poseen al momento de replicar fonemas que no se encuentran en su idioma nativo. Como solución se propone el desarrollo de una aplicación para enseñar los fonemas mostrando la correcta articulación por medio de un video o una animación.

La aplicación será utilizada por personas nativas del español, entre las edades 18 a 30 años y que poseen experiencia en el uso de dispositivos móviles Android. Será usada como herramienta de apoyo al docente en sus clases y para la práctica personal de los estudiantes fuera de clase.

Después de utilizar la aplicación se espera que el alumno pueda replicar de mejor forma los fonemas estudiados e internalizarlos de manera más efectiva. Las métricas por medir es la facilidad de uso y el porcentaje de estudiantes que lograron mejorar su pronunciación.

Durante la primera iteración se definieron los requisitos de la aplicación: el usuario debe poder revisar la información del fonema, reproducir su pronunciación, visualizar la animación pronunciación y poder escuchar la pronunciación de las palabras de práctica del fonema. En el diseño se seleccionaron los fonemas que incluir en la aplicación y se preparan las animaciones y los archivos de pronunciación.

En relación con la interfaz se decidió que la animación debería ser el punto de atracción de la aplicación y utilizando las normativas de Material Desing se armó el prototipo de baja fidelidad. Para la evaluación de usabilidad se aplicó el recorrido cognitivo con los miembros del equipo de trabajo.

Para la segunda iteración no se realizaron cambios a la lista de requerimientos, pero debido a la confusión que generaron las animaciones de los fonemas estos fueron modificados para ser más claros. Se agregó la paleta de colores a la guía de diseño y se elaboraron los estilos para los elementos interactivos de la pantalla. Finalizado el prototipo de alta fidelidad se volvió aplicar la técnica de recorrido cognitivo para la evaluación de la usabilidad.

En la tercera interacción con los resultados de las iteraciones anteriores se creó la versión Alpha de la aplicación, la cual fue subida a Google Play para realiza pruebas con los estudiantes. Se aplico una encuesta para medir la percepción de

usabilidad de los usuarios y se realizaron practicas con el docente para evaluar el cumplimiento pedagógico.

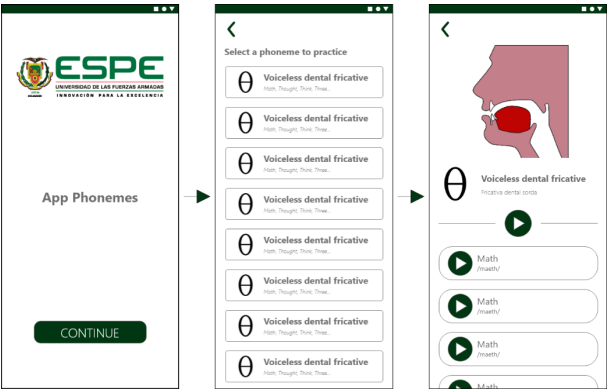


Figura 2 – Estructura de la aplicación

	En ningún grado		En mediano grado		En alto grado		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Los fonemas tienen dificultad en su pronunciación	5	27.78%	9	50.00%	4	22.22%	18	100.00%
La animación de los fonemas es clara y didáctica	1	5.56%	8	44.44%	9	50.00%	18	100.00%
Los ejercicios ayudan a producir el fonema	2	11.11%	4	22.22%	12	66.67%	18	100.00%
Los ejemplos son suficientes	4	22.22%	8	44.44%	6	33.33%	18	100.00%

Tabla 1 – Resultados del aspecto didáctico

Aunque la mayoría de los estudiantes definieron a la aplicación como intuitiva otros tuvieron problemas con la navegabilidad y la presentación de la información, el tema oscuro en ciertos dispositivos generó mayor confusión. Con relación al aprendizaje, se mostró una mejora en la pronunciación de los usuarios sin embargo en las respuestas obtenidas se señala la baja calidad en archivos multimedia y la falta de contenido de práctica, la falta de identidad de la aplicación parece también afecta la motivación de algunos estudiantes.

En la cuarta iteración se resolvieron los problemas encontrados con la evaluación anterior, a la lista de requerimientos se agregaron la visualización y reproducción de oraciones de practica entregas por el docente. En el diseño se agregó un menú inferior para facilitar navegabilidad, se cambió la interfaz del modo oscuro y se mejoró la calidad de los audios y animaciones. También se asignó al proyecto el nombre PAFI (Pronunciación Animada

de Fonemas de Inglés) junto con un logo para facilitar al estudiante la búsqueda de la aplicación en su dispositivo.

Con las correcciones en requisitos y diseño realizadas se pasó a desarrollar la versión Beta, la cual fue nuevamente evaluada utilizando una encuesta y realizando practicas con los estudiantes. En este caso se aplicó un estudio con grupos de control y experimental utilizando un diseño pretest-posttest con la finalidad de identificar la incidencia de la aplicación en la pronunciación de los involucrados.

La nueva versión obtuvo mejores resultados, los estudiantes manejan la aplicación de forma intuitiva y la consistencia entre pantalla mejor la facilidad de uso; los colores tanto en el modo claro como en el oscuro no generan confusión ni distracción y mencionan que la calidad de los contenidos multimedia ya no son un problema. La prueba t de Student confirmó que la aplicación tuvo una influencia positiva en la mejora de pronunciación del grupo de control y que la usabilidad de la aplicación se relación con el conocimiento aprendido por los usuarios.

	Pretest	Posttest		
Grupos	X1	X2	t	p
<i>Experimental</i>	1.72	2.86	28.03**	<0.001
<i>Control</i>	1.48	2.20	18.55**	<0.001
<i>t</i>	5.34**	11.80**		
<i>p</i>	<0.001	<0.001		

Tabla 2 – Prueba t de Student entre grupos de control y experimental

Cumplidos los objetivos de aprendizaje y alcanzado el nivel de usabilidad deseado en el proyecto, durante la quinta iteración se realizó la preparación para la salida a producción de la aplicación. El proyecto en Google Play fue puesto en producción y se verifico que todos los docentes y estudiantes puedan descargar y utilizar la aplicación sin problemas. Toda la documentación fue guardada y archivada para futuro uso en mantenimientos o integración de nuevos requerimientos.

5. Conclusiones

El desarrollo de aplicaciones móviles educativas difiere del desarrollo de otros sistemas móviles con características no didácticas, al trabajar en proyecto de este tipo se debe tener presente los objetivos del aprendizaje a lo largo del ciclo de vida del proyecto y asegurar su cumplimiento con eficiencia, eficacia y satisfacción. La facilidad de uso posee una relación directa con el nivel de conocimientos adquiridos por el usuario, a mayor facilidad de uso mayor es el conocimiento retenido por la persona.

En la enseñanza de las habilidades orales del idioma inglés el uso de contenido multimedia como imágenes, animación y audios facilita el aprendizaje de la pronunciación de fonemas y palabras siempre y cuando estos contenidos sean claros y estén relacionados con los ejercicios de práctica y no se sobrepongan a los a los objetivos de la aplicación.

Por otro lado, la sobrecarga de archivos multimedia produce distracción y confusión en el usuario y genera el efecto contrario en su aprendizaje.

El marco de trabajo propuesto define los objetivos educativos al inicio del proyecto los cuales son utilizados para la selección de métricas y diseño de interfaces, esto garantiza que los entregables generados siempre estén orientados al cumplimiento pedagógico. Las evaluaciones realizadas al final de cada iteración reducen los errores de usabilidad y brindan flexibilidad para la integración de cambios o nuevos requerimientos. El método propuesto identifica un conjunto de técnicas de usabilidad e incorpora estas técnicas en cada iteración lo cual permite evaluar las aplicaciones dentro estándares y modelos de trabajo ya definidos por otros investigadores.

La implementación de la aplicación de fonemas desarrollada bajo el marco de trabajo propuesto indica la efectividad del método para desarrollar aplicaciones móviles en el contexto educativo. Los resultados obtenidos por los usuarios muestran un buen nivel de usabilidad en especial en el criterio de facilidad de uso e intuición de uso; de igual forma se evidencia la relación positiva que tuvo la facilidad de uso con el aprendizaje de los estudiantes. Finalmente, el experimento confirma de los objetivos educativos ya que el uso de la aplicación produjo una diferencia significativa en el aprendizaje de los fonemas.

Referencias

- Cáceres, S. V., & Pow-Sang, J. A. (2018). A systematic mapping review of usability evaluation methods for educational applications on mobile devices. 2018 7th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS), 59–68. <https://doi.org/10.1109/CIMPS.2018.8625629>
- Chimarro, V. (2015). Desarrollo de un marco de adaptación de la ingeniería de la usabilidad al proceso de desarrollo Ágil SCRUM, aplicado en el Departamento de Planificación del ECU911 de la Ciudad de Machala [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10119>
- Elaish, M. M., Shuib, L., Abdul Ghani, N., Yadegaridehkordi, E., & Alaa, M. (2017). Mobile Learning for English Language Acquisition: Taxonomy, Challenges, and Recommendations. IEEE Access, 5, 19033–19047. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2749541>
- Fouz-González, J. (2020). Using apps for pronunciation training: An empirical evaluation of the English File Pronunciation app. Language, Learning and Technology, 24.
- Ivanc, D., Vasiu, R., & Onita, M. (2012). Usability Evaluation of a LMS Mobile Web Interface. En T. Skersys, R. Butleris, & R. Butkiene (Eds.), Information and Software Technologies (pp. 348–361). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33308-8_29
- Nosseir, A., Flood, D., Harrison, R., & Ibrahim, O. (2012). Mobile Development Process Spiral. 2012 Seventh International Conference on Computer Engineering Systems (ICCES), 281–286. <https://doi.org/10.1109/ICCES.2012.6408529>

- Palalas, A., & Wark, N. (2020). A framework for enhancing mobile learner-determined language learning in authentic situational contexts. *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching (IJCALLT)*, 10(4), 83–97.
- Pennington, M. C., & Rogerson-Revell, P. (2019). *English Pronunciation Teaching and Research: Contemporary Perspectives*. Londres: Palgrave Macmillan, 10, 978–988.
- Rogerson-Revell, P. M. (2021). Computer-Assisted Pronunciation Training (CAPT): Current Issues and Future Directions. *RELC Journal*, 0033688220977406. <https://doi.org/10.1177/0033688220977406>
- Velastegui, S. (2017). Revisión sistemática de literatura sobre evaluación de la usabilidad de aplicaciones en dispositivos móviles multiplataforma para establecer el estado del arte de un proyecto de investigación [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/12502>
- X. Navarro, C., I. Molina, A., & A. Redondo, M. (2015). Towards a Model for Evaluating the Usability of M-learning Systems: From a Mapping Study to an Approach. *IEEE Latin America Transactions*, 13(2), 552–559. <https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7055578>
- Yang, S. H., & Chung, M. (2019). Self-imitating Feedback Generation Using GAN for Computer-Assisted Pronunciation Training. <https://arxiv.org/abs/1904.09407v1>
- Zurita, G., Baloian, N., Peñafiel, S., & Jerez, O. (2019). Applying Pedagogical Usability for Designing a Mobile Learning Application that Support Reading Comprehension. *Proceedings*, 31(1), 6. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031006>

La influencia de los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno en la adopción de tecnologías de la información por parte de las pymes

Luis Otake¹

lotake@unprg.edu.pe

¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 14013, Lambayeque, Perú.

Pages: 236-251

Resumen: El objetivo fue determinar si los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno influyen de manera significativa en la adopción de tecnologías de la información (TI) por parte de las pequeñas y medianas empresas (pymes). Fue un estudio cuantitativo con una muestra de 169 pymes. Se utilizaron técnicas de estadística descriptiva y análisis multivariante. Basado en el marco de trabajo de Tecnología, Organización y Entorno (TOE) y en la Teoría de Difusión de la Innovación (DOI), se desarrolló un modelo que intentó explicar la influencia relativa de ocho factores conocidos. Se demostró que: (1) la mayoría de las pymes tiene un nivel de adopción de TI básica, (2) la ventaja relativa, el tamaño de la organización y la presión competitiva influyen de manera significativa en la adopción de TI, y (3) la ventaja relativa es el factor más importante que influye en la adopción de TI.

Palabras-clave: adopción de TI; pymes; DOI; TOE.

The influence of technological, organizational and environmental factors on the information technology adoption by SMEs

Abstract: The objective was to determine whether technological, organizational and environmental factors significantly influence the information technology (IT) adoption by small and medium-sized enterprises (SMEs). It was a quantitative study with a sample of 169 SMEs. Descriptive statistics and multivariate analysis techniques were used. Based on the Technology, Organization and Environment (TOE) framework and the Diffusion of Innovation Theory (DOI), a model was developed that attempted to explain the relative influence of eight known factors. It was demonstrated that: (1) most SMEs have a basic level of IT adoption, (2) relative advantage, size of the organization and competitive pressure significantly influences IT adoption, and (3) relative advantage is the most important factor influencing IT adoption.

Keywords: IT adoption; SMEs; DOI; TOE.

1. Introducción

Hoy en día, las tecnologías de la información (TI) son una herramienta esencial para la competitividad de la economía de un país (Oliveira y Martins, 2011). A nivel empresarial las TI pueden proporcionar una amplia variedad de beneficios, tales como reducir costos, mejorar la productividad y fortalecer las posibilidades de crecimiento (Barba-Sánchez, Martínez-Ruiz, y Jiménez-Zarco, 2007). De esta manera, las TI se han convertido en un recurso estratégico que pueden ayudar a mejorar los procesos de negocio y cambiar la función de los mercados (Yang, Lee, y Lee, 2007).

La adopción de TI es un tema de discusión a nivel mundial como lo demuestra la extensa literatura, en donde se ha estudiado desde diferentes perspectivas, contextos y teorías (Aguilar, 2010). A pesar de ello, en el ámbito de las economías en desarrollo ha recibido menor atención en la actualidad, en comparación con los países desarrollados (Aleke, Ojiako, y Wainwright, 2011; Apulu, 2012; Afolayan, Plant, White, Jones, y Beynon-Davies, 2015).

No existe claridad con respecto a si las pymes ven a las nuevas TI como una oportunidad o una amenaza, ya que las tasas de adopción de TI son bajas y las tasas de fracasos son altas (Nguyen, Newby, y Macaulay, 2015). Aunque se ha trabajado mucho en examinar algunos de los factores clave que intervienen en la adopción de TI por parte de las pymes, todavía existe la necesidad de explorar si tales factores influyen en la decisión de las pymes de adoptar TI (Taylor, 2015).

En este artículo se pretende determinar si los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno influyen de manera significativa en la adopción de TI por parte de las pymes. Para ello, se realizó una investigación cuantitativa y deductiva. El documento se organiza de la siguiente manera: en la sección 2, se realiza una revisión de la literatura con respecto a la adopción de TI y se presenta el modelo teórico propuesto; en la sección 3, se describe el diseño de la investigación; en la sección 4, se presentan los resultados de la investigación; en la sección 5, se realiza la discusión de resultados; en la sección 6, se establecen las conclusiones.

2. Marco teórico

En esta sección se resume la revisión de la literatura con respecto a la adopción de TI y se presenta el modelo teórico propuesto.

2.1. Tecnologías de la información (TI)

En la literatura no existe una definición de TI generalmente aceptada y se utilizan diferentes definiciones de la misma (Ghobakhloo, Benitez-Amado, y Arias-Aranda, 2011; Ghobakhloo, Hong, Sabouri, y Zulkifli, 2012; Kilangi, 2012).

Para este estudio, se definió TI como toda forma de tecnología utilizada para crear, almacenar, procesar, recuperar y presentar información en sus diferentes formas (Hameed, 2012); la cual cubre un amplio rango de procesamiento de información y aplicaciones de computadora en las organizaciones (Ghobakhloo, Sabouri, Hong, y Zulkifli, 2011).

2.2. Adopción de TI

Se han realizado investigaciones acerca de la adopción de TI, tanto a nivel general (Caldeira, 1998; Lucchetti y Sterlacchini, 2001; Alam y Noor, 2009; Akbari y Pijani, 2013; Hoque, Saif, AlBar, y Bao, 2016; Okundaye, 2016; Pillay, 2016) como de tipos o categorías de TI específicas tales como: Internet (Teo, Tan, y Buk, 1998; Mehrtens, Cragg, y Mills, 2001; Alam, 2009), comercio electrónico (Looi, 2005; Al-Qirim, 2007; Azam y Quaddus, 2009; Al-Somali, 2011; Azad y Hasan, 2011; Ghobakhloo, Arias-Aranda, y Benitez-Amado, 2011; Garg y Choeu, 2015), computación en la nube (Low, Chen, y Wu, 2011; Alshamaileh, 2013; Vidhyalakshmi y Kumar, 2016; Senarathna, Wilkin, Warren, Yeoh, y Salzman, 2018), sistemas empresariales (Ramdani y Kawalek, 2007; Ramdani, Kawalek, y Lorenzo, 2009), entre otros. Sin embargo, al definir los aspectos clave relacionados con la adopción de TI, no es esencial restringir una investigación a ciertos tipos determinados de TI, ya que los factores que intervienen en dicha adopción son en esencia sustancialmente idénticos (Hanclova, Rozehnal, Ministr, y Tvrdikova, 2015).

La adopción de TI se refiere a la etapa en la cual la tecnología se selecciona para su uso por un individuo u organización (Abdullah, Wahab, y Shamsuddin, 2013), o al uso mismo de TI (Kilangi, 2012); es decir, el uso de hardware de computadora y aplicaciones de software para soportar operaciones, gestión, y toma de decisiones en el negocio (Thong, 1999). Según Van der Veen (2004), la adopción de TI se puede medir a partir del uso de ciertas aplicaciones como correo electrónico, www, sitio web, intranet, etc. Cabe resaltar que la mera presencia de las aplicaciones o el acceso a ciertos tipos de TI no implica que las aplicaciones se utilicen realmente.

2.3. Niveles de adopción de TI

Existen tres niveles de adopción de TI (Manueli, Latu, y Koh, 2007): TI básicas, TI intermedias y TI avanzadas. De acuerdo con diversas investigaciones (Lucchetti y Sterlacchini, 2004; Kotelnikov, 2007; Pillay, 2016) se incluyen las siguientes tecnologías para cada nivel:

- TI básicas: acceso a Internet para búsqueda de información diversa, correo electrónico, teléfono móvil inteligente (smartphone), y PC o laptop equipada con hardware y software básicos.
- TI intermedias: sitio web básico (estático); pagos electrónicos (operaciones de banca por Internet); red de área local (LAN), intranet; VoIP (llamadas por Internet) o videoconferencias (pe. Skype); promoción de productos o servicios por redes sociales (pe. Facebook, LinkedIn); terminal de pago (POS) para tarjetas de crédito/débito; y comercio electrónico (compra y venta de productos o servicios por Internet).
- TI avanzadas: software contable-tributario, software de ventas, software para soporte informático, software de personal, software de logística, software de finanzas, software de producción, ERP (sistema integrado de gestión), CRM (sistema para gestionar relaciones con los clientes), computación en la nube (Google apps, Office 365, Dropbox), y extranet.

2.4. Teorías y marcos de trabajo de adopción de TI

Las teorías de innovación tecnológica se utilizan como disciplina de referencia para estudios empíricos de adopción de TI (Thong, 1999). Entre las teorías o marcos de trabajo más utilizados se encuentran los siguientes (Oliveira y Martins, 2011; Hoti, 2015): el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), la Teoría del Comportamiento Planificado (TPB), la Teoría Unificada de la Aceptación y Uso de Tecnología (UTAUT), la Teoría de la Difusión de la Innovación (DOI), y el Marco de Trabajo de Tecnología, Organización y Entorno (TOE). Adicionalmente, según Parker y Castleman (2009) existen otras teorías utilizadas en la adopción de TI, tales como la teoría basada en los recursos de la firma, y los modelos de Porter (estrategias genéricas, fuerzas de la industria y el análisis de la cadena de valor).

Existen diversos modelos conceptuales a partir de la utilización conjunta de diferentes teorías y marcos de trabajo (Thong, 1999; Parker y Castleman, 2009; Awa, Eze, Urieto, y Inyang, 2011; Oliveira y Martins, 2011; Hameed, Counsell, y Swift, 2012; Alshamaileh, 2013; Kurnia, Karnali, y Rahim, 2015). Sin embargo, no existe un análisis sistemático de teorías en el campo de la adopción de TI y no existe consenso sobre los marcos teóricos (Parker y Castleman, 2009); inclusive, se sugiere combinar más de un modelo teórico para lograr un mejor entendimiento (Oliveira y Martins, 2011) e integrar las teorías existentes para proporcionar una explicación holística de la adopción de TI (Parker y Castleman, 2009).

Diversos estudios empíricos encontrados en la literatura (Thong, 1999; Al-Somali, 2011; Alshamaileh, 2013; Oliveira, Thomas, y Espadanal, 2014; Aljowaidi, 2015; Hoti, 2015; Senarathna et al., 2018) han tomado como base a la teoría de DOI y el marco de trabajo de TOE. Dado que DOI no toma en cuenta la influencia de los factores organizacionales y del entorno (Lee y Cheung, 2004), al integrarse con TOE se incluiría la influencia de dichos factores en la adopción de TI. Del mismo modo, dado que TOE no representa una teoría bien desarrollada (Gangwar, Date, y Raoot, 2014), se fortalece al integrarse con la teoría de DOI.

2.5. Factores de adopción de TI

Se ha encontrado una variedad de perspectivas sobre los factores que afectan el proceso de adopción de TI (Ghobakhloo, Sabouri, et al., 2011; Ghobakhloo et al., 2012). De acuerdo con el marco de TOE (Tornatzky y Fleischer, citados por Oliveira y Martins, 2011), existen tres contextos: (1) tecnológico (disponibilidad y características), (2) organizacional (estructuras de enlace formal e informal, procesos de comunicación, tamaño, y holgura), y (3) entorno (características de la industria y estructura de mercado, infraestructura de soporte tecnológico, regulación del gobierno). Asimismo, para DOI (Rogers, 1983), los factores de adopción de la innovación son cinco: ventaja relativa, complejidad, compatibilidad, posibilidad de probar y observabilidad. Cuando se integran DOI y TOE, los factores de adopción identificados en DOI se incluyen como parte del contexto tecnológico de TOE.

Existen diferentes estudios (Thong, 1999; Al-Somali, 2011; Alshamaileh, 2013; Oliveira et al., 2014; Aljowaidi, 2015; Hoti, 2015; Senarathna et al., 2018) que proponen un conjunto de factores que intervienen en la adopción de TI, a partir de la integración de TOE y DOI.

2.6. Modelo teórico propuesto

En vista de que no es posible estudiar todos los factores de adopción de TI identificados en la literatura (Thong y Yap, 1995), se seleccionaron los factores más aplicables en el contexto de las pymes, los cuales fueron agrupados bajo el marco de trabajo de TOE. El modelo teórico propuesto (Figura 1) incluye una variable dependiente, adopción de TI, y ocho variables independientes; estas últimas, clasificadas en tres grupos que reflejan la naturaleza de los constructos representados por las variables. Tres variables (ventaja relativa, compatibilidad y complejidad) representan los factores tecnológicos, otras tres (tamaño de la organización, apoyo de la alta dirección e intensidad de la información) conforman los factores organizacionales, y los factores del entorno agrupan dos variables (presión competitiva y apoyo del gobierno).

Si bien el modelo no incluye todas las posibles variables, cuenta con un respaldo teórico. En la Tabla 1 se muestra la definición conceptual de cada variable, así como las referencias de la literatura revisada en donde las variables del modelo fueron encontradas significativas.

Variable	Definición conceptual	Encontrado significativo
Ventaja relativa	Grado en el que se percibe una innovación como mejor que la idea que reemplaza.	(Teo et al., 1998; Thong, 1999; Looi, 2005; Al-Qirim, 2007; Ramdani et al., 2009; Tan, Chong, Lin, y Eze, 2009; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Peltier, Zhao, y Schibrowsky, 2012; Alshamaileh, 2013; Oliveira et al., 2014; Garg y Choeu, 2015; Pathan et al., 2017).
Compatibilidad	Grado en el cual una innovación se percibe como consistente con los valores existentes, las experiencias pasadas y las necesidades del adoptante.	(Teo et al., 1998; Thong, 1999; Grandon y Pearson, 2004; Tan et al., 2009; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Kilangi, 2012; Akbari y Pijani, 2013; Walker, Saffu, y Mazurek, 2016; Pathan et al., 2017)
Complejidad	Grado en que una innovación se percibe como relativamente difícil de entender y usar.	(Thong, 1999; Tan et al., 2009; Oliveira et al., 2014; Pathan et al., 2017)
Tamaño de la organización	Cantidad de empleados.	(Thong y Yap, 1995; Thong, 1999; Ramdani et al., 2009; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Rahab y Hartono, 2012; Oliveira et al., 2014; Pathan et al., 2017)
Apoyo de la alta dirección	Nivel de apoyo de la alta dirección a la iniciativa de adopción de TI.	(Teo et al., 1998; Ramdani et al., 2009; Akbari y Pijani, 2013; Oliveira et al., 2014; Hoque et al., 2016; Pathan et al., 2017)
Intensidad de la información	Grado en que la información está presente en el producto o servicio de una empresa.	(Al-Qirim, 2007; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Rahab y Hartono, 2012)
Presión competitiva	Grado de presión que siente la pyme por los competidores dentro de la industria.	(Looi, 2005; Al-Qirim, 2007; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Kilangi, 2012; Akbari y Pijani, 2013; Garg y Choeu, 2015; Pathan et al., 2017; Wiradinata, 2018)
Apoyo del gobierno	Estrategias o iniciativas gubernamentales que alienten a las PYME a adoptar nuevas TI.	(Looi, 2005; Akbari y Pijani, 2013; Gono, Harindranath, y Özcan, 2016; Hoque et al., 2016; Pathan et al., 2017)

Tabla 1 – Definición de factores de adopción de TI para el modelo teórico propuesto

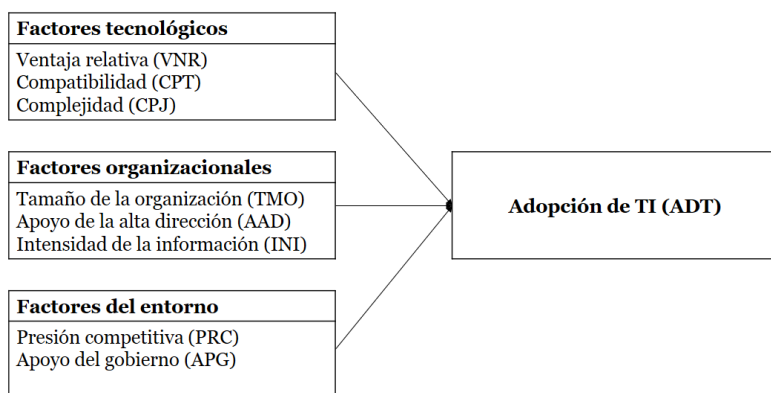


Figura 1 – Modelo de investigación propuesto

3. Diseño de la investigación

En esta sección se presentan los objetivos, la metodología, la población y muestra, los instrumentos y variables, y el procedimiento y análisis de datos de la investigación.

3.1. Objetivos

El objetivo principal del presente estudio es determinar si los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno influyen de manera significativa en la adopción de TI por parte de las pymes. Asimismo, las preguntas de investigación son:

1. ¿Cuál es el nivel de adopción de TI por parte de las pymes?
2. ¿De qué manera influyen los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno en la adopción de TI por parte de las pymes?
3. ¿Cuál es el nivel de importancia relativa de los factores tecnológicos, organizacionales y del entorno que influyen en la adopción de TI por parte de las pymes?

3.2. Metodología

Se consideró un enfoque deductivo, el cual se recomienda para estudios específicos en donde los investigadores trabajan en un concepto particular, creando suposiciones y luego verificando esas suposiciones (Rahi, 2017). El diseño de la investigación, fue no experimental, ya que no hubo manipulación deliberada de variables ni influencia del investigador en su comportamiento. Asimismo, la investigación fue de tipo transeccional correlacional-causal, debido a que se analizaron las relaciones causa-efecto entre dos o más variables y la recolección de los datos se realizó en un solo momento o tiempo (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

3.3. Población y muestra

La población de estudio está definida por las pymes del departamento de Lambayeque, Perú. Para la obtención de la muestra se seleccionaron los cuatro distritos con mayores

porcentajes de pymes: Chiclayo (44,2%), José Leonardo Ortiz (15,1%), La Victoria (6,7%) y Lambayeque (5,2%). Se utilizó un muestreo probabilístico estratificado no proporcional, debido a que la estratificación mejora la representatividad de la población y es una buena opción cuando se necesita información diferenciada con respecto a varios estratos (Sekaran y Bougie, 2016). En cuanto a la desproporcionalidad, ha sido utilizada en diferentes investigaciones sobre adopción de TI (Quaddus, 2009; Azad y Hasan, 2011; Azam y Salimonu, Osman, y Shittu, 2014) y es aconsejable cuando el tamaño de la muestra de la subpoblación que resulta de una selección aleatoria o proporcional es demasiado pequeño y, por lo tanto, los errores estándar son demasiado altos (Tracy y Carlin, 2014). A partir de lo indicado, se obtuvo una muestra de 383 casos y se optó por sobredimensionar las muestras en los estratos de pequeñas y medianas empresas, debido a que no existía la cantidad suficiente de casos.

3.4. Instrumentos y variables

Se elaboró un cuestionario estructurado con preguntas cerradas, dividido en tres partes: A) Información general, (B) Tecnologías de la información en uso, y (C) Factores tecnológicos, organizacionales y del entorno que afectan la adopción de TI. Para la validez de contenido del instrumento de medición se realizó la revisión de la literatura y, mediante el proceso de selección de ítems y refinamiento en el desarrollo del cuestionario. Los ítems utilizados para medir las variables fueron tomados y adaptados de estudios empíricos previos, que luego se tradujeron al español.

Previo a su utilización, se solicitó a cuatro expertos investigadores locales, en el campo de las TI y de las pymes, examinar la validez del cuestionario. La retroalimentación de los expertos sirvió para verificar el contenido de las escalas, minimizar ambigüedades y adaptar el lenguaje del cuestionario al contexto de las pymes. Adicionalmente, se realizó un estudio piloto a una muestra de 15 pymes para probar la confiabilidad y para ayudar a refinar el instrumento de investigación en cuanto a contenido, redacción, secuencia, forma y diseño, dificultades e instrucciones; como lo sugiere Kilangi (2012).

3.5. Procedimiento y análisis de datos

Se realizaron visitas físicas a las instalaciones de las pymes. Los encuestados fueron principalmente propietarios, gerentes y administradores. Las encuestas fueron respondidas en el momento de la visita en la mayoría de los casos y, en el resto, se recogieron en el momento acordado con el encuestado. De los 383 casos seleccionados como muestra, 169 pymes aceptaron participar en la encuesta, obteniéndose una tasa de respuesta del 44,13%, la cual es significativamente más alta que la tasa mínima recomendada del 30% (Saunders, Lewis, y Thornhill, 2009). Además, este valor porcentual se ubica dentro del rango en investigaciones similares (Thong y Yap, 1995; Teo et al., 1998; Grandon y Pearson, 2004; Looi, 2005; Al-Qirim, 2007; Alam y Noor, 2009; Al-Somali, 2011; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Alshamaileh, 2013; Garg y Choeu, 2015; Senarathna et al., 2018). Cabe mencionar que, de las 169 encuestas recibidas, todas se consideraron válidas.

Para garantizar la validez del constructo en términos de validez convergente y discriminante, se redujeron los ítems del cuestionario mediante un análisis factorial, cuya selección de variables partió de la base conceptual revisada en el marco teórico. El

análisis en mención determinó cuáles de los ítems eran los más apropiados para cada variable o dimensión (Sekaran y Bougie, 2016).

Previo al análisis factorial se llevaron a cabo la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que confirmó la adecuación del muestreo y la justificación para realizar un análisis factorial, y la prueba de esfericidad de Bartlett, cuyos valores obtenidos fueron significativos y se pudo constatar la existencia de relaciones entre las variables.

La confiabilidad del instrumento se midió mediante el coeficiente alfa de Cronbach. La variable VNR obtuvo un coeficiente alfa de Cronbach de 0,900 (excelente confiabilidad). Para la variable CPT, el valor del coeficiente fue de 0,878 (alta confiabilidad). La variable CPJ obtuvo como valor 0,970 (excelente confiabilidad). El valor para la variable ADD fue de 0,850 (alta confiabilidad). La variable INI obtuvo un valor de 0,944 (excelente confiabilidad). PRC obtuvo el valor más bajo con 0,647 (confiabilidad moderada); aunque, al ser bastante cercano a 0,7 se consideró como adecuada (Teo et al., 1998). Para la variable AAD el valor de Cronbach fue de 0,838 (alta confiabilidad) y para la variable ADT fue de 0,905 (excelente confiabilidad).

Para realizar interpretaciones y discusiones relevantes sobre el tema en estudio se utilizó la estadística descriptiva, y para evaluar los factores que influyen en la adopción de TI se utilizó el análisis de regresión múltiple. Además, se utilizó el análisis de correlación de Pearson para evaluar la relación entre las variables y la multicolinealidad.

4. Resultados

Esta sección muestra los resultados encontrados del perfil demográfico de los encuestados y del análisis de regresión múltiple, y presenta el modelo de investigación revisado.

4.1. Perfil demográfico de los encuestados

La muestra obtenida fue de 169 pymes, la cual se dividió en micro (40,8%), pequeña (49,7%) y mediana empresa (9,5%). Del total de la muestra, se encontró que el 61,5% de las pymes se ubica en el distrito de Chiclayo, el 17,8% en José L. Ortiz, el 7,7% en La Victoria y el 13,0% en el distrito de Lambayeque. Se encontró que la mayoría de las empresas de la muestra pertenecen al sector comercial (52,7%), seguido de las industrias manufactureras (10,1%) y que el 8,9% pertenecen a servicios profesionales, técnicos y de apoyo empresarial. Además, el 97,7% de las empresas cuentan con menos de 50 empleados.

Con respecto a los encuestados, el 88,8% de ellos fueron propietarios, gerentes o administradores; el 65% contaba con título universitario o superior. El rango de edad de la mayoría de los encuestados se encuentra entre los 21 y 40 años, lo que representa el 54,4%; seguido por un 40,2% con edades entre los 41 y 60 años. En cuanto al sexo, el 68,0% fue de sexo masculino y el 32,0% de sexo femenino.

4.2. Nivel de adopción de TI

Las pymes de la muestra implementaron TI básicas principalmente, seguidos por TI intermedias, y muy pocas pymes implementaron TI avanzadas. El uso de TI básicas, se enfoca en el acceso a Internet para búsqueda de información diversa (80,5%), correo electrónico (72,0%), teléfono móvil inteligente (96,4%) y PC o laptop equipada con

hardware y software básicos (75,1%). Del mismo modo, se encontró que el 17,2% tiene intención de implementar acceso a Internet, el 22,0% tiene la intención de incorporar correo electrónico, el 2,4% tiene interés en implementar teléfonos móviles inteligentes en sus negocios, y el 19,5% busca implementar en algún momento PC o laptops con hardware y software básicos. Asimismo, se encontró que un 3,0% de las pymes no cuentan con TI.

4.3. Análisis de regresión múltiple

Se obtuvo un coeficiente de determinación (R cuadrado) de 0,426; lo cual indica que el 42,6% de la varianza total es explicada por la ecuación. El valor del estadístico F de 14,842 y el valor de p de 0,000 indican que la ecuación de regresión es significativa estadísticamente en explicar la adopción de TI; por lo cual, el modelo de regresión muestra un buen ajuste y se puede afirmar que una o más variables independientes son predictores significativos de la adopción de TI.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de relaciones positivas y significativas entre VNR y ADT ($\beta = 0,343, p < 0,001$), y entre TMO y ADT ($\beta = 0,219, p < 0,001$). En el caso de PRC ($\beta = -0,168, p < 0,05$), se encontró una influencia negativa y significativa con respecto a ADT. Por otro lado, las variables CPT, CPJ, AAD, INI, PRC y APG no contribuyen significativamente en los resultados modelados ($p > 0,05$).

El análisis de regresión múltiple permitió investigar más a fondo qué factores predecían mejor la adopción de TI en términos de importancia. El coeficiente estandarizado Beta (β) se utilizó para comparar la importancia relativa de cada variable independiente en relación con la variable dependiente (Looi, 2005; Garg y Choeu, 2015). La variable más importante en la adopción de TI fue VNR, ya que obtuvo el valor β más alto (0,343). El resto de variables por orden de importancia fueron: TMO (0,219), CPT (0,181), PRC (-0,168), INI (0,122), APG (0,119), CPJ (-0,094), y AAD (0,006).

4.4. Modelo de investigación revisado

A partir de los resultados del análisis de regresión múltiple detallados en el punto anterior, se revisó el modelo de investigación propuesto para reflejar los hallazgos (Figura 2). El modelo revisado es consistente con DOI y TOE, justificando la importancia estadística del modelo.

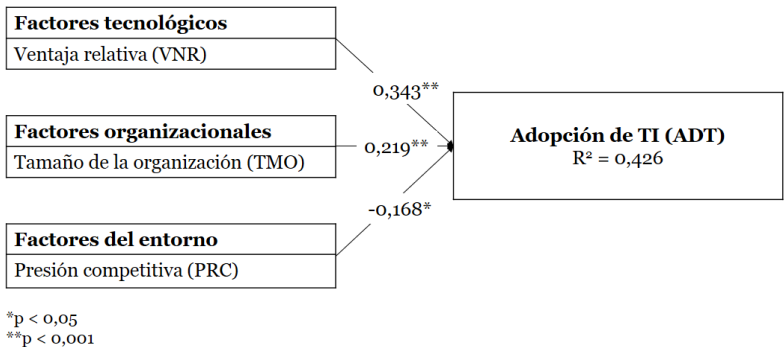


Figura 2 – Modelo teórico revisado

5. Discusión de resultados

La varianza total explicada por la ecuación de regresión múltiple fue de 42,6%; similar a los estudios realizados por Looi (2005), Azam y Quaddus (2009) y Garg y Choeu (2015), quienes obtuvieron 47,7%; 34,3% y 41,5% respectivamente.

La ventaja relativa se consideró como una variable importante que influye de manera positiva en la adopción de TI, coincidiendo con estudios previos (Teo et al., 1998; Thong, 1999; Looi, 2005; Al-Qirim, 2007; Ramdani et al., 2009; Tan et al., 2009; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Peltier et al., 2012; Alshamaileh, 2013; Oliveira et al., 2014; Garg y Choeu, 2015; Pathan et al., 2017). Sin embargo, los resultados del presente estudio difieren de otros como es el caso de Kilangi (2012), quien no encontró una relación significativa entre la ventaja relativa y la adopción de TI, atribuyendo dicho resultado al bajo nivel de educación de los encuestados.

Se encontró también que el tamaño de la organización influye de manera positiva y significativa en la adopción de TI, al igual que en diversos estudios previos (Thong y Yap, 1995; Thong, 1999; Ramdani et al., 2009; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Rahab y Hartono, 2012; Oliveira et al., 2014; Pathan et al., 2017). Sin embargo, Alshamaileh (2013) no encontró una influencia significativa entre el tamaño de la organización y la adopción de TI, debido a la homogeneidad de la muestra y requerimientos de TI similares.

En cuanto a la presión competitiva, se determinó que influye de manera negativa y significativa en la adopción de TI. Este resultado es inconsistente en relación con estudios previos (Looi, 2005; Al-Qirim, 2007; Ghobakhloo, Arias-Aranda, et al., 2011; Kilangi, 2012; Akbari y Pijani, 2013; Garg y Choeu, 2015; Pathan et al., 2017; Wiradinata, 2018), ya que se esperaba obtener una relación positiva. Sin embargo, una justificación del resultado obtenido podría ser el hecho de que, si las pymes tuvieran que gastar en TI para responder a la presión competitiva; es posible que no puedan sostener todas las TI a largo plazo, debido a que cuentan con recursos limitados (Chan, Chong, y Zhou, 2012).

Finalmente, la ventaja relativa surgió como el factor más importante que influye en la adopción de TI, siendo este resultado similar a otras investigaciones anteriores (Garg y Choeu, 2015).

6. Conclusiones

El presente estudio enriquece el conocimiento y la comprensión de los factores que influyen en la adopción de TI, tomando como base teórica a DOI y TOE. Asimismo, la investigación intentó cubrir algunos vacíos de la literatura existente, principalmente en el ámbito de la adopción de TI por parte de las pymes de países en vías de desarrollo, como es el caso de Perú.

Tomando en cuenta el marco de trabajo de TOE, los resultados de la investigación respaldaron la idea de que más de un contexto puede ser responsable de la adopción de TI por parte de las pymes; es decir, dicha adopción no es exclusiva de un solo contexto, sino que puede ser influenciada por diversos factores.

Se determinó que la ventaja relativa (factor tecnológico), el tamaño de la organización (factor organizacional) y la presión competitiva (factor del entorno) influyen de manera significativa en la adopción de TI. Estos resultados serían de utilidad para los consultores o proveedores de TI, propiciando el diseño de estrategias adecuadas y una mejor interacción con las pymes. Por otro lado, los propietarios o gerentes de las pymes podrían mejorar sus conocimientos, así como evaluar posibles adopciones de TI.

Dado que el apoyo del gobierno no fue considerado como un factor significativo que influya en la adopción de TI, se sugiere que las autoridades gubernamentales redefinan su estrategia y establezcan políticas y regulaciones pertinentes que promuevan y faciliten la adopción de TI por parte de las pymes.

Referencias

- Abdullah, N. H., Wahab, E., y Shamsuddin, A. (2013). Exploring the common technology adoption enablers among malaysian SMEs: Qualitative findings. *Journal of Management and Sustainability*, 3(4), 78–92. <https://doi.org/10.5539/jms.v3n4p78>
- Afolayan, A., Plant, E., White, G. R. T., Jones, P., y Beynon-Davies, P. (2015). Information technology usage in SMEs in a developing economy. *Strategic Change*, 24(5), 483–498.
- Aguilar, A. S. (2010). *Análisis del proceso de adopción de tecnologías de información y comunicaciones en actividades de aprovisionamiento empresarial en pequeñas y medianas empresas manufactureras. Una aplicación al sector del mueble en España*. (Tesis doctoral no publicada). Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Organización de Empresas, España. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/8935>
- Akbari, M., y Pijani, A. A. (2013). ICT adoption: a case study of SMEs in Tehran (Iran). *Intl. J. Humanities*, 20(3), 93–121.
- Al-Qirim, N. (2007). The adoption of eCommerce communications and applications technologies in small businesses in New Zealand. *Electronic Commerce Research and Applications*, 6(4), 462–473.
- Al-Somali, S. A. (2011). *Electronic commerce adoption: A study of Business-to-Business practices in Saudi Arabia* (Tesis doctoral). Aston University.
- Alam, S. S. (2009). Adoption of internet in Malaysian SMEs. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 16(2), 240–255.
- Alam, S. S., y Noor, M. K. M. (2009). ICT adoption in small and medium enterprises: An empirical evidence of service sectors in Malaysia. *International Journal of Business and Management*, 4(2), 112–125.
- Aleke, B., Ojiako, U., y Wainwright, D. (2011). ICT adoption in developing countries: perspectives from small-scale agribusinesses. *Journal of Enterprise Information Management*, 24(1), 68–84.

- Aljowaidi, M. A. (2015). *A study of e-commerce adoption using the TOE framework in Saudi retailers: firm motivations, implementation and benefits* (Tesis doctoral). RMIT University, School of Business Information Technology and Logistics, Melbourne, Australia.
- Alshamaileh, Y. Y. (2013). *An empirical investigation of factors affecting cloud computing adoption among SMEs in the North East of England* (Tesis doctoral). Newcastle University, Business School.
- Apulu, I. (2012). *Developing a framework for successful adoption and effective utilisation of ICT by SMEs in developing countries: A case study of Nigeria* (Tesis doctoral). University of Wolverhampton, Department of Information Systems, England. Recuperado a partir de <http://wlv.openrepository.com/wlv/handle/2436/249899>
- Awa, H. O., Eze, S. C., Urieto, J. E., y Inyang, B. J. (2011). Upper echelon theory (UET): A major determinant of information technology (IT) adoption by SMEs in Nigeria. *Journal of Systems and Information Technology*, 13(2), 144–162.
- Azad, M. M., y Hasan, M. M. (2011). E-commerce aspect of developing countries like Bangladesh. *International Journal of Research and Reviews in Computer Engineering*, 1(1), 55–60.
- Azam, M. S., y Quaddus, M. (2009). How organisational characteristics explain the adoption of e-commerce by the SMEs in Bangladesh? En *20th Australasian Conference on Information Systems* (pp. 436–446). Melbourne: Association for Information Systems. Recuperado a partir de <https://aisel.aisnet.org/acis2009/62/>
- Barba-Sánchez, V., Martínez-Ruiz, M. del P., y Jiménez-Zarco, A. I. (2007). Drivers , benefits and challenges of ICT adoption by small and medium sized enterprises (SMEs): a literature review. *Problems and Perspectives in Management*, 5(1), 103–114.
- Caldeira, M. (1998). *Understanding the adoption and use of Information systems / information technology in small and medium-sized manufacturing enterprises: A study in Portuguese industry* (Tesis doctoral). Cranfield University, School of Management.
- Chan, F. T. S., Chong, A. Y.-L., y Zhou, L. (2012). An empirical investigation of factors affecting e-collaboration diffusion in SMEs. *Intern. Journal of Production Economics*, 138(2), 329–344.
- Gangwar, H., Date, H., y Rao, A. D. (2014). Review on IT adoption: insights from recent technologies. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(4), 488–502.
- Garg, A. K., y Choeu, T. (2015). The adoption of electronic commerce by small and medium enterprises in Pretoria East. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 68(7), 1–23. <https://doi.org/10.1002/j.1681-4835.2015.tb00493.x>
- Ghobakhloo, M., Arias-Aranda, D., y Benitez-Amado, J. (2011). Adoption of e-commerce applications in SMEs. *Industrial Management and Data Systems*, 111(8), 1238–1269.

- Ghobakhloo, M., Benitez-Amado, J., y Arias-Aranda, D. (2011). Reasons for information technology adoption and sophistication within manufacturing SMEs. En *POMS 22nd Annual Conference: Operations management: The enabling link* (pp. 1–40). 020-0013, Reno, Nevada.
- Ghobakhloo, M., Hong, T. S., Sabouri, M. S., y Zulkifli, N. (2012). Strategies for successful information technology adoption in small and medium-sized enterprises. *Information*, 3(1), 36–67. <https://doi.org/10.3390/info3010036>
- Ghobakhloo, M., Sabouri, M. S., Hong, T. S., y Zulkifli, N. (2011). Information technology adoption in small and medium-sized enterprises; an appraisal of two decades literature. *Interdisciplinary Journal of Research in Business*, 1(7), 53–80.
- Gono, S., Harindranath, G., y Özcan, G. B. (2016). The adoption and impact of ICT in South African SMEs. *Strategic Change*, 25, 717–734.
- Grandon, E. E., y Pearson, J. M. (2004). Electronic commerce adoption: an empirical study of small and medium US businesses. *Information and Management*, 42(1), 197–216.
- Hameed, M. A. (2012). *Adoption process of information technology (IT) innovations in organizations* (Tesis doctoral). Brunel University London, Department of Information Systems and Computing.
- Hameed, M. A., Counsell, S., y Swift, S. (2012). A conceptual model for the process of IT innovation adoption in organizations. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(3), 358–390.
- Hanclova, J., Rozehnal, P., Ministr, J., y Tvrdivkova, M. (2015). The determinants of IT adoption in SMEs in the Czech-Polish border areas. *Information Technology for Development*, 21(3), 426–444.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). México: McGraw-Hill.
- Hoque, M. R., Saif, A. N. M., AlBar, A. M., y Bao, Y. (2016). Adoption of information and communication technology for development: A case study of small and medium enterprises in Bangladesh. *Information Development*, 32(4), 986–1000.
- Hoti, E. (2015). The technological, organizational and environmental framework of IS innovation adaption in small and medium enterprises. Evidence from research over the last 10 years. *International Journal of Business and Management*, III(4), 1–14. <https://doi.org/10.20472/BM.2015.3.4.001>
- Kilangi, A. M. (2012). *The determinants of ICT adoption and usage among SMEs: The case of tourism sector in Tanzania* (Tesis doctoral). Vrije Universiteit, Faculteit der Economische Wetenschappen en Bedrijfskunde.
- Kotelnikov, V. (2007). *Small and medium enterprises and ICT*. Thailand: Asia-Pacific Development Information Programme.
- Kurnia, S., Karnali, R. J., y Rahim, M. M. (2015). A qualitative study of business-to-business electronic commerce adoption within the Indonesian grocery industry: A multi-theory perspective. *Information and Management*, 52(4), 518–536.

- Lee, M. K. O., y Cheung, C. M. K. (2004). Internet retailing adoption by small-to-medium sized enterprises (SMEs): A multiple-case study. *Information Systems Frontiers*, 6(4), 385–397. Recuperado a partir de <https://pdfs.semanticscholar.org/3408/819ed4558b927a22b885a3091eae4fe03454.pdf>
- Looi, H. C. (2005). E-Commerce adoption in Brunei Darussalam: A quantitative analysis of factors influencing its adoption. *Communications of the Association for Information Systems*, 15(Article 3), 61–81. Recuperado a partir de <https://aisel.aisnet.org/cais/vol15/iss1/3>
- Low, C., Chen, Y., y Wu, M. (2011). Understanding the determinants of cloud computing adoption. *Industrial Management & Data Systems*, 111(7), 1006–1023.
- Lucchetti, R., y Sterlacchini, A. (2001). *Factors affecting the adoption of ICTs among SMEs: evidence from an Italian survey* (Quaderni di ricerca N° 155). Università di Ancona, Dipartimento di Economia.
- Lucchetti, R., y Sterlacchini, A. (2004). The adoption of ICT among SMEs: evidence from an Italian survey. *Small Business Economics*, 23(2), 151–168.
- Manueli, K., Latu, S., y Koh, D. (2007). ICT adoption models. En S. Mann y N. Bridgeman (Eds.), *20th Annual Conference of the National Advisory Committee on Computing Qualifications* (pp. 175–181). New Zealand.
- Mehrtens, J., Cragg, P. B., y Mills, A. M. (2001). A model of Internet adoption by SMEs. *Information and Management*, 39(3), 165–176.
- Nguyen, T. H., Newby, M., y Macaulay, M. J. (2015). Information technology adoption in small business: Confirmation of a proposed framework. *Journal of Small Business Management*, 53(1), 207–227.
- Okundaye, K. E. (2016). *Adoption of information and communication technology in nigerian small- to medium-size enterprises* (Tesis doctoral). Walden University, College of Management and Technology, Minnesota, EEUU.
- Oliveira, T., y Martins, M. F. (2011). Literature review of information technology adoption models at firm level. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 14(1), 110–121.
- Oliveira, T., Thomas, M., y Espadanal, M. (2014). Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information and Management*, 51(5), 497–510.
- Parker, C. M., y Castleman, T. (2009). Small firm eBusiness adoption: a critical analysis of theory. *Journal of Enterprise Information Management*, 22(1/2), 167–182.
- Pathan, Z. H., Jianqiu, Z., Akram, U., Latif, Z., Khan, M. K., y Tunio, M. Z. (2017). Essential factors in cloud-computing adoption by SMEs. *Human Systems Management*, 36, 261–275.
- Peltier, J. W., Zhao, Y., y Schibrowsky, J. a. (2012). Technology adoption by small businesses: an exploratory study of the interrelationships of owner and environmental factors. *International Small Business Journal*, 30(4), 406–431.

- Pillay, P. (2016). *Barriers to information and communication technology (ICT) adoption and use amongst SMEs: A study of the south african manufacturing sector* (Tesis de maestría). University of the Witwatersrand, Faculty of Commerce, Law and Management, Johannesburg.
- Rahab, y Hartono, J. (2012). Adoption of information technology on small businesses: the role of environment, organizational and leader determinant. *International Journal of Business, Humanities and Technology*, 2(4), 60–66.
- Rahi, S. (2017). Research design and methods: A systematic review of research paradigms, sampling issues and instruments development. *International Journal of Economics & Management Sciences*, 6(2), 1–5.
- Ramdani, B., y Kawalek, P. (2007). SME adoption of enterprise systems in the Northwest of England: An environmental, technological, and organizational perspective. *IFIP International Federation for Information Processing*, 235, 409–430. https://doi.org/10.1007/978-0-387-72804-9_27
- Ramdani, B., Kawalek, P., y Lorenzo, O. (2009). Predicting SMEs' adoption of enterprise systems. *Journal of Enterprise Information Management*, 22, 10–24.
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations*. The Free Press (3a ed.). New York.
- Salimonu, I. R., Osman, W. R. S., y Shittu, A. J. K. (2014). Modeling the influence of information technology (IT) adoption factors on the electronic voting (e-voting) technology using partial least squares-structural equation model (PLS-SEM) methods. *African Journal of Computing & ICT*, 7(2), 111–128.
- Saunders, M., Lewis, P., y Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5a ed.). Pearson Education.
- Sekaran, U., y Bougie, R. (2016). *Research methods for business: a skill-building approach* (7a ed.). Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Senarathna, I., Wilkin, C., Warren, M., Yeoh, W., y Salzman, S. (2018). Factors that influence adoption of cloud computing: An empirical study of australian SMEs. *Australasian Journal of Information Systems*, 22, 1–31.
- Tan, K. S., Chong, S. C., Lin, B., y Eze, U. C. (2009). Internet-based ICT adoption: evidence from Malaysian SMEs. *Industrial Management & Data Systems*, 109(2), 224–244.
- Taylor, P. (2015). The importance of information and communication technologies (ICTs): An integration of the extant literature on ICT adoption in small and medium enterprises. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, III(5), 274–295.
- Teo, T. S. H., Tan, M., y Buk, W. K. (1998). A contingency model of internet adoption in Singapore. *International Journal of Electronic Commerce*, 2(2), 95–118.
- Thong, J. Y. L. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 15(4), 187–214. <https://doi.org/10.1080/07421222.1999.11518227>

- Thong, J. Y. L., y Yap, C. S. (1995). CEO characteristics, organizational characteristics and information technology adoption in small businesses. *Omega*, 23(4), 429–442.
- Tracy, P. E., y Carkin, D. M. (2014). Adjusting for design effects in disproportionate stratified sampling designs through weighting. *Crime & Delinquency*, 60(2), 306–325.
- Van der Veen, M. (2004). *Explaining e-business adoption* (Tesis doctoral). Universiteit Twente, Enschede, Netherlands. Recuperado a partir de <https://www.utwente.nl/en/bms/nikos/research/dissertations/veen/dissertationmvdv.pdf>
- Vidhyalakshmi, R., y Kumar, V. (2016). Determinants of cloud computing adoption by SMEs. *International Journal of Business Information Systems*, 22(3), 375–395.
- Walker, J. H., Saffu, K., y Mazurek, M. (2016). An empirical study of factors influencing e-commerce adoption/non-adoption in slovakian SMEs. *Journal of Internet Commerce*, 15(3), 189–213.
- Wiradinata, T. (2018). Information systems adoption among SMEs in developing country: the case of Gerbang Kertasusila. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10(2–3), 53–59.
- Yang, K. H., Lee, S. M., y Lee, S.-G. (2007). Adoption of information and communication technology. Impact of technology types, organization resources and management style. *Industrial Management & Data Systems*, 107(9), 1257–1275.

Desarrollo de Lógica de Programación en los estudiantes del curso de Desarrollo de Sistemas

Pio Chacón Campos¹, Cleofe Genoveva Alvites-Huamaní²

cchaconcam@ucvvirtual.edu.pe; acleofe@ucv.edu.pe

^{1,2} Universidad Cesar Vallejo, Escuela de Posgrado, 01, Lima, Perú.

Pages: 252-269

Resumen: La lógica de programación es la asignatura fundamental en las carreras técnicas de Desarrollo de Sistemas de Información, por lo que contar con un aceptable nivel de conocimientos y diseño de algoritmos es necesario para su comprensión y correcto aprendizaje. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de desarrollo de la Lógica de programación que presentan los estudiantes de la carrera técnica de Desarrollo de Sistemas de Información de un Instituto de Educación Superior Tecnológico público, de acuerdo con su nivel de desarrollo de capacidades, hábitos positivos, resiliencia y actitud hacia la lógica de programación. Se aplicó una encuesta a 20 estudiantes para recopilar información relevante del semestre académico 2021-II. Se obtuvieron resultados que demuestran un desarrollo de Lógica de Programación en un nivel adecuado en ambos sexos, coincidiendo que el 95% de estudiantes obtuvo un nivel Alto en el Desarrollo de capacidades y la Actitud hacia la lógica de programación.

Palabras-clave: Aprendizaje de programación; lógica de programación; algoritmos, educación.

Artificial neural network analysis for automatic plant recognition

Abstract: Programming logic is the fundamental subject in Information Systems Development technical careers, so having an acceptable level of knowledge and algorithm design is necessary for its understanding and correct learning. The objective of this study was to determine the level of development of the Programming Logic presented by the students of the Information Systems Development technical career of a public Institute of Higher Technological Education, according to their level of development of skills, habits positives, resilience, and attitude towards programming logic. A survey was applied to 20 students to collect relevant information for the 2021-II academic semester. Results were obtained that demonstrate a development of Programming Logic at an adequate level in both sexes, coinciding that 95% of students obtained a High level in Capacity Development and Attitude towards programming logic.

Keywords: Learning programming; programming logic; algorithms, education.

1. Introducción

A nivel mundial, la enseñanza de programación de computadoras es un tema que ha empezado a tener fuerza a partir de 2015, creciendo el interés por aportar en el tema mediante propuestas y herramientas que sean de utilidad para este fin, con Java como lenguaje predilecto, pero muchas de estas propuestas también son ajenas al lenguaje de programación (Ibarra-Zapata et al., 2021). En los países de América, especialmente en EE. UU., la asignatura de Programación está integrada dentro de la cultura educativa, por lo que usar un lenguaje de programación como apoyo a asignaturas como las Matemáticas, Física o Química, o incluso áreas que no son exclusivas de Ciencias, es algo habitual en muchas instituciones de educación secundaria como las de superior, lo cual permite aplicar mejores estrategias didácticas al estudiar cursos de programación, evitando usar métodos y entornos tradicionales para aprenderlo (Pérez y Roig, 2015).

La programación en áreas como la ingeniería y carreras afines genera muchos problemas y dificultades que se repiten constantemente en los estudiantes que se inician en programación durante su proceso de aprendizaje (Castro-Romero, & González-Sanabria, 2021; Konecki, 2014). Es importante que ellos aprendan adecuadamente la programación desde el nivel básico en sus primeros años de preparación superior (Fuentes-Rosado y Moo-Medina, 2017). La enseñanza por parte de los maestros, como el aprendizaje de los estudiantes de programación no es una tarea que se pueda catalogar como fácil y mucho menos sencilla, algunas razones que lo justifican según Selby (2015) es la comprensión inadecuada de cómo se realiza un proceso computacional, la falta de capacidades para comprender la lectura, seguimiento y escritura de los códigos a utilizar, así como poca y/o escasa comprensión de conceptos de diseño funcional que hacen posible la ejecución de un programa. Por su parte Beltrán et al., (2019) hacen referencia que la asignatura de programación tiene una incidencia alta de desaprobación por los estudiantes, teniendo una mayor prevalencia el área de ingeniería de sistemas, debiendo buscar recursos y apoyos externos que les ayuden a complementar su aprendizaje, de tal manera que puedan superar estas dificultades.

Para Jiménez-Toledo et al. (2019) enfatizan que la falta de habilidades para modelar y construir programas computacionales es debido al desconocimiento de aspectos conceptuales fundamentales para realizar programación, lo cual hasta la actualidad sigue siendo una de las actividades más demandantes y estresantes para la mayoría de los estudiantes. Tales habilidades son un punto débil para muchos de ellos, ya que llegan sin ninguna experiencia ni conocimiento previo, lo cual dificulta su proceso de aprendizaje (Prokofyeva et al., 2017). A pesar de que existe una serie de dificultades en el aprendizaje de la programación y que son percibidas por los estudiantes, tales como que algunos conceptos son muy abstractos y poco prácticos (Moreno y Montaña, 2009), hay muchas carreras profesionales de nivel universitario y no universitario – inclusive aquellas diferentes a las ciencias o ingeniería de sistemas y computación – contienen dentro de su plan de estudios asignaturas de programación, tales como lógica y fundamentos de programación. Siendo estas dificultades una barrera para avanzar en la enseñanza del desarrollo de lenguajes de programación más modernos, pues incitan a que los estudiantes programen de manera directa usando lenguajes de programación como Java, omitiendo el desarrollo de la lógica, llegando a formar programadores con escasa o nula lógica de programación (López, 2013). En cuanto a la actitud, Hay

autores que han observado que los estudiantes tienden a experimentar miedo y falta de motivación para aprender a programar (Konecki et al., 2015), otros observan que hay una tasa de abandono en los cursos de programación muy elevada y proponen mejorar la actitud de los estudiantes hacia su aprendizaje (Huang et al., 2013).

Los problemas antes expuestos continuarán si no se toma en cuenta propuestas que ayuden a desarrollar capacidades desde edades tempranas. En Perú, escuelas como Crack the Code que cuenta con el apoyo de Innóvate Perú (hoy ProInnóvate), permiten que los niños y niñas desde la edad de 5 años pueden iniciarse en el aprendizaje del lenguaje de programación, lo cual permitirá a futuro adquirir habilidades tecnológicas y, además, favorecerá su desarrollo cognitivo en la resolución de problemas de manera creativa, fácil y eficiente, (ProInnóvate, 2021).

Por lo que en el presente estudio el objetivo general es determinar el nivel de desarrollo de la Lógica de Programación de los estudiantes de la carrera técnica de desarrollo de Sistemas de Información de un Instituto de Educación Superior Tecnológico público, desde su percepción tomando en cuenta como objetivos específicos el determinar el nivel de desarrollo de capacidades, hábitos positivos, resiliencia ante dificultades y actitud hacia la lógica programación, según edad y sexo de los estudiantes. Con la información obtenida y procesada se espera sirva de base para futuras investigaciones donde se puedan proponer estrategias de enseñanza y aprendizaje innovadoras que permitan desarrollar aún más la lógica de programación en los estudiantes.

2. Lógica de la programación

Arteaga (2019) refiere que la Lógica de programación (LP) se define como un conjunto de afirmaciones lógicas que es preciso desarrollar para utilizarse en un determinado lenguaje de programación, obteniendo con ello diferentes soluciones a partir de un problema investigado, (Cardona et al., 2010). Otros autores la definen como instrucciones coherentes y organizadas comprendidas en una aplicación o programa, con el fin de alcanzar los objetivos trazados (Tillmann et al., 2015). Además, comprende de forma técnica y ordenada, los fundamentos que permiten en términos generales su diseño y aplicación en dar la solución a problemas que posteriormente pueden llegar a ser realizados en un ordenador (Trejos, 2017).

Al realizar lógica de programación este implica una serie de elementos que el estudiante debe conocer y aplicar, uno de ellos es el algoritmo, siendo este una secuencia de pasos ordenados, definidos y limitados que hace posible dar solución a un problema determinado, dado por un estado inicial (entrada) hasta llegar a un estado final, por medio de operaciones sucesivas y bien definidas, obteniendo una o varias soluciones, las cuales pueden ser expresadas en lenguaje natural, mediante un pseudocódigo, por diagramas de flujo o en programas (Juganaru, 2014). Además, un algoritmo no solo tiene el propósito de solucionar un problema en concreto, sino que puede llegar a solucionar más de uno. Para Vásquez (2012) un algoritmo debe poseer criterios como ser preciso, especificando el orden exacto de cada proceso o paso a ejecutar para dar la solución esperada; definido, por lo que al hacer la verificación este debe generar los resultados que se esperan; y finalmente, debe ser finito, por lo que debe estar compuesto por un número limitado de pasos o instrucciones.

Por su parte Mancilla et al., (2015) refiere que algoritmo es un conjunto definido en base a reglas en su lógica de control, permitiendo la solución ante un problema en un límite de tiempo. Según Joyanes (2008) un algoritmo puede ser representado mediante el uso de un método que permita su independencia del lenguaje de programación que se elija para que luego pueda ser utilizado en un programa, dentro de los más usados encontramos al diagrama de flujo, siendo la técnica de representación más antigua y utilizada hasta el momento, la cual consiste en el uso de símbolos que contienen los pasos del algoritmo unidas por flechas, las que se denominan líneas de flujo, indicando la secuencia que deben ejecutarse; y el pseudocódigo o lenguaje de especificación del algoritmo y sirve como paso más sencillo de codificación final a un lenguaje de programación. Con ello se puede aplicar la programación estructurada, siendo un paradigma de programación imperativa apoyada en tres pilares fundamentales: estructuras básicas, diseño descendente por refinamiento sucesivo y recursos abstractos; teniendo como objetivo el desarrollar programas con fiabilidad, facilidad y mantenibles en el tiempo (Pérez, 2021).

El desarrollo de la lógica de programación implica también hacer referencia a la capacidad de lógica de programación que deben poseer las personas que la aplicarán, capacidades que son cualidades propias que tienen al desarrollarlas o adquirirlas y les permite hacer frente a la realidad mediante escenarios mucho más favorables, a la vez de contar con un mejor desempeño o actuación en sus actividades diarias, siendo de vital importancia desarrollarlas, pues al no hacerlo, pueden generar efectos negativos para un futuro aprendizaje (Ferreira y Peretti, 2021) y con mayor énfasis el adquirir esta capacidad, la cual es un conjunto de instrucciones lógicas que le permiten dar solución de un problema determinado pudiendo usar un lenguaje de programación que le facilite el cumplimiento del objetivo esperado. Para el MINEDU, (2019) las capacidades de lógica de programación son las cualidades que debe poseer un estudiante al desarrollar un conjunto de instrucciones lógicas que le permitan dar solución a un problema determinado pudiendo usar un lenguaje de programación que le facilite el cumplimiento del objetivo esperado

Los estudiantes al desarrollar la lógica de programación deben poseer ciertos hábitos positivos o buenas prácticas de aprendizaje que son estrategias y métodos que normalmente son usados por el estudiante para comprender las clases, su aptitud para no tener distracciones, su enfoque en los propios materiales y el empuje que pone en su proceso de aprendizaje (Cartagena, 2008). Los hábitos que usa en su aprendizaje son una gama de actividades de esfuerzo intelectual que refuerzan al estudiante para que su comprensión sea más profunda y fácil, pudiendo crear o transformar los valores de la cultura (Fernández, 1988). Aunado a ello de poseer una actitud idónea, ya que esta tiene una vinculación directa con el comportamiento de un individuo para ejercer diversas actividades, apoyados en su forma de ser o la manera de actuar, (Correa et al., 2019). Según Cheung (2009) existen tres enfoques sobre la estructura de las actitudes a) considera que la actitud es una única entidad (Borkowski, 2005); b) considera estos componentes como cognición, creencias y afecto (Henerson et al., 1987); y c) el resumen de la información que se observa luego de las respuestas cognitivas, de comportamiento y de afecto que estimulan ciertos eventos u objetos (Guitart, 2002).

También se debe considerar dificultades de aprendizaje que puede presentar el estudiante al tratar de adquirir las capacidades que requiere para la lógica de programación, Mateos, (2009) se refirió a estas como los trastornos que pueden tener los estudiantes, debido a

obstáculos que poseen al realizar sus actividades académicas, siendo propios de cada uno y que se deben a alteraciones y problemas en el sistema nervioso central. Para Romero et al., (2005) las dificultades son alteraciones en los procesos de cambio inducidos o provocados por las prácticas escolares y no escolares de enseñanza y aprendizaje. La resiliencia es la superación de las dificultades, lo cual favorece a aprender de manera óptima, logrando el desarrollar las capacidades deseadas.

3. Método

El presente estudio tiene un carácter cuantitativo bajo el tipo de investigación básica pues busca producir conocimientos que sirvan de base para futuras investigaciones sobre cómo mejorar el desarrollo de la lógica de programación, (Hernández, Fernandez & Baptista, 2014).

El diseño de investigación es no experimental, de alcance exploratorio-descriptivo ya que es un tema poco explorado, buscando identificar y diagnosticar sobre la situación actual del aprendizaje de lógica de programación (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La muestra estuvo constituida por 20 estudiantes que cursaron la asignatura de Lógica de Programación de la carrera técnica de Desarrollo de Sistemas de Información de un Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado, matriculados en el periodo académico agosto - diciembre del 2021, teniendo un rango de edades desde los 17 a los 30 años, conformados por 12 hombres y 8 mujeres, de la ciudad de Pucallpa, Perú.

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de la encuesta y el instrumento fue un cuestionario, el cual fue desarrollado por Machuca et al., (2021) y de Garcia-Famoso et al., (2019), centrándose en recopilar y diagnosticar las percepciones que tuvieron los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje en la asignatura de lógica de programación en el semestre académico 2021 – II de la carrera técnica de Desarrollo de Sistemas. La descripción de las categorías para cada dimensión de la percepción del nivel de desarrollo de la Lógica de Programación se describe en la tabla 1.

Percepción del desarrollo de la Lógica de Programación	Categorías (Nivel)	Puntaje
Desarrollo de capacidades	Bajo	0 – 4
	Regular	5 - 8
	Alto	9 – 12
Resiliencia ante Dificultades	Bajo	0 – 4
	Regular	5 – 8
	Alto	9 - 12
Hábitos positivos	Bajo	0 – 5
	Regular	6 – 10
	Alta	11 – 15

Percepción del desarrollo de la Lógica de Programación	Categorías (Nivel)	Puntaje
Actitud ante la programación	Bajo	0 – 5
	Regular	6 – 10
	Alto	11 – 15

Tabla 1

Para realizar los análisis de confiabilidad se usó la herramienta informática SPSS v27 para obtener el coeficiente de Alfa de Cronbach, teniendo como resultado una alta fiabilidad del instrumento de 0,822, lo que indica precisión en la medición (Tabla 2). Además, se obtuvo la fiabilidad para cada una de las dimensiones.

Variable/Dimensión	Nº Items	Alfa de Cronbach
Desarrollo de Lógica de Programación	18	0,822
Desarrollo de capacidades	4	0,668
Resiliencia ante Dificultades	4	0,787
Hábitos positivos	5	0,626
Actitud ante la programación	5	0,675

Tabla 2 – Estadística de fiabilidad

4. Resultados

Los resultados generales se observan en la tabla 3. Se observa predominantemente un alto (95%) nivel de desarrollo de capacidades de lógica de programación en los estudiantes, así como un alto (65,0%) nivel de Resiliencia ante dificultades que presentan estos mismos. Además, los estudiantes presentan mayormente un nivel alto (90,0%) de Hábitos positivos y un nivel alto (95,0%) de Actitud ante lógica de programación.

Percepción del nivel de desarrollo de la Lógica de Programación	Porcentaje
Desarrollo de capacidades	Regular
	5,0%
	Alto
	95,0%
Resiliencia ante Dificultades	Regular
	35,0%
	Alto
	65,0%
Hábitos positivos	Regular
	10,0%
	Alto
	90,0%
Actitud ante la programación	Regular
	5,0%
	Alto
	95,0%

Tabla 3 – Tabla general del desarrollo de capacidades, resiliencia ante dificultades, hábitos y actitud en lógica de programación que presentan los estudiantes.

La tabla 4, muestra el nivel de desarrollo de capacidades de lógica de programación que presentan los estudiantes según sexo y edad. El 46,2% de estudiantes del sexo femenino que representa a 6 mujeres entre las edades de 16 a 20 años, desarrollaron sus capacidades de lógica de programación alcanzando el nivel alto, el mismo porcentaje y cantidad se presenta para los del sexo masculino alcanzando el mismo nivel. El 100% de estudiantes del sexo masculino que representan 5 hombres entre las edades de 21 a 25 años, desarrollaron sus capacidades de lógica de programación, alcanzando el nivel alto. Finalmente, el 50% de estudiantes del sexo femenino que representa 1 mujer entre las edades de 26 a 30 años, desarrolló sus capacidades de lógica de programación alcanzando el nivel alto, el mismo porcentaje y cantidad se presenta para los hombres con el mismo nivel. Además, se puede constatar que el 95% de estudiantes obtuvo un nivel alto en el Desarrollo de capacidades, mientras que solo el 5% obtuvo un nivel de regular.

Rango de Edad				Desarrollo de capacidades	
				Regular	Alto
16-20	Sexo	Femenino	% del total	7,7%	46,2%
		Masculino	% del total	0,0%	46,2%
21-25	Sexo	Masculino	% del total	0,0%	100,0%
26-30	Sexo	Femenino	% del total	0,0%	50,0%
		Masculino	% del total	0,0%	50,0%
Total	Sexo	Femenino	% del total	5,0%	35,0%
		Masculino	% del total	0,0%	60,0%
Total			% del total	5,0%	95,0%

Tabla 4 – Tabla cruzada: Sexo*Desarrollo de capacidades*Rango de Edad

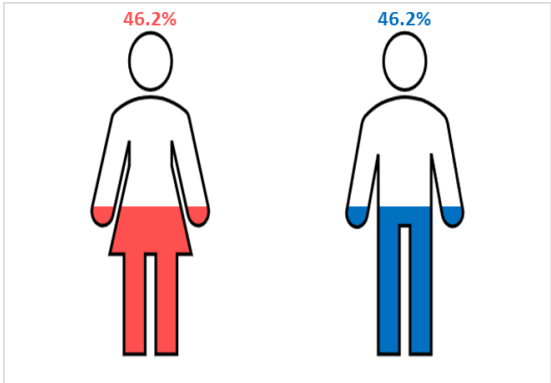


Figura 1 – Nivel Alto de desarrollo de capacidades según sexo en estudiantes de 16 a 20 años

Con relación al Desarrollo de Capacidades de lógica de programación se observa que para las edades de 16 a 20 años (figura 1) no hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que en ambos se obtuvo el mismo porcentaje (46.2%) de nivel alto; para las edades de 21 a

25 años (figura 2) donde solo fueron del sexo masculino, el 100% obtuvo un nivel alto; y para las edades de 26 a 30 años (figura 3) no hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que en ambos se obtuvo el mismo porcentaje (50%) de nivel alto.

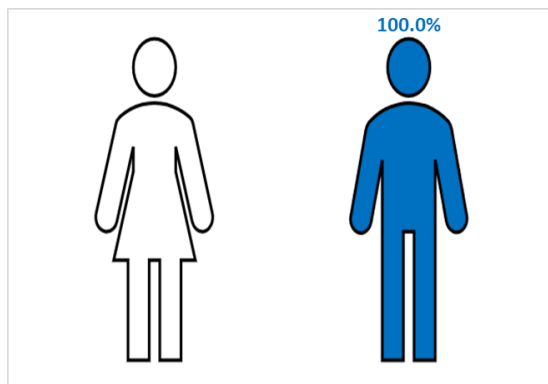


Figura 2 – Nivel Alto de desarrollo de capacidades según sexo en estudiantes de 21 a 25 años

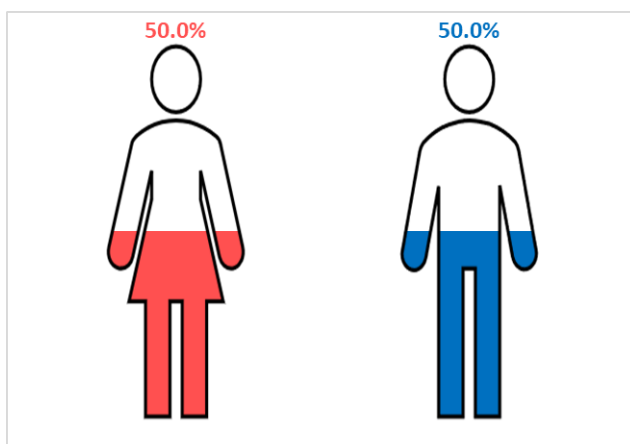


Figura 3 – Nivel Alto de desarrollo de capacidades según sexo en estudiantes de 26 a 30 años

La tabla 5, muestra el nivel de Resiliencia de lógica de programación que presentan los estudiantes. El 46,2% de estudiantes que representan 6 mujeres entre las edades de 16 a 20 años, presentan Resiliencia en lógica de programación alcanzando el nivel Alto, mientras que el porcentaje que presentan 3 hombre es de 23,1% alcanzando el mismo nivel. El 80% de estudiantes que representan 4 hombres entre las edades de 21 a 25 años, presentan Resiliencia en lógica de programación, alcanzando el nivel Alto. Finalmente, el 50% de estudiantes representada por 1 mujer entre las edades de 26 a 30 años, presentan Resiliencia de lógica de programación, alcanzando el nivel Regular, el mismo porcentaje y cantidad se presenta para los hombres alcanzando el mismo nivel.

Además, se puede constatar que el 65% de estudiantes tuvo un nivel Alto de Resiliencia, mientras que el 35% un nivel Regular.

Rango de Edad				Resiliencia	
				Regular	Alto
16-20	Sexo	Femenino	% del total	7,7%	46,2%
		Masculino	% del total	23,1%	23,1%
21-25	Sexo	Masculino	% del total	20,0%	80,0%
26-30	Sexo	Femenino	% del total	50,0%	0,0%
		Masculino	% del total	50,0%	0,0%
Total	Sexo	Femenino	% del total	10,0%	30,0%
		Masculino	% del total	25,0%	35,0%
Total			% del total	35,0%	65,0%

Tabla 5 – Tabla cruzada: Sexo*Resiliencia ante dificultades*Rango de Edad

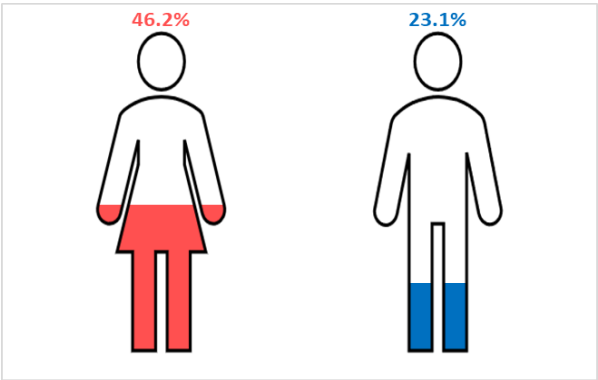


Figura 4 – Nivel Alto de Resiliencia ante dificultades según sexo en estudiantes de 16 a 20 años

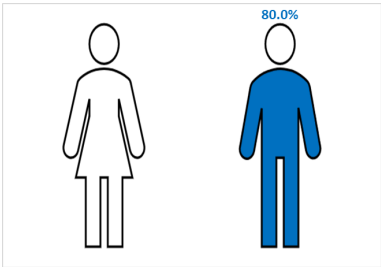


Figura 5 – Nivel Alto de Resiliencia ante dificultades según sexo en estudiantes de 21 a 25 años

Con relación a la Resiliencia ante dificultades de lógica de programación se observa que para las edades de 16 a 20 años (figura 4) hubo diferencia en cuanto al sexo, ya

que las mujeres obtuvieron un porcentaje (46.2%) mayor al de los hombres (23.1%) de nivel alto; para las edades de 21 a 25 años (figura 2) donde solo fueron hombres, el 80% obtuvo un nivel alto; y para las edades de 26 a 30 años (figura 3) no hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que ninguno alcanzó el nivel alto, teniendo el mismo porcentaje (50%) de nivel Regular.

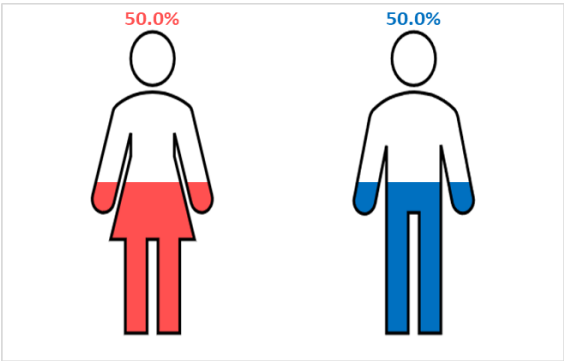


Figura 6 – Nivel Regular de Resiliencia ante dificultades según sexo en estudiantes de 26 a 30 años

La tabla 6, muestra el nivel de Hábitos en lógica de programación que presentan los estudiantes. El 46,2% de estudiantes del sexo femenino que representa a 6 mujeres entre las edades de 16 a 20 años, presentan buenos hábitos en lógica de programación, el mismo porcentaje y cantidad se presenta para los hombres alcanzando el mismo nivel. El 100% de estudiantes del sexo masculino que representa 5 hombres entre las edades de 21 a 25 años, presentan buenos hábitos en lógica de programación. Finalmente, el 50% de estudiantes del sexo femenino que representa 1 mujer entre las edades de 26 a 30 años, presenta regulares hábitos en lógica de programación, el mismo porcentaje y cantidad se presenta para los hombres, a diferencia que éste presenta buenos hábitos. Además, se puede constatar que el 90% de estudiantes tuvo un nivel de Hábitos Bueno, mientras que el 10% un nivel Regular.

Rango de Edad				Hábitos	
				Regular	Bueno
16-20	Sexo	Femenino	% del total	7,7%	46,2%
		Masculino	% del total	0,0%	46,2%
21-25	Sexo	Masculino	% del total		100,0%
26-30	Sexo	Femenino	% del total	50,0%	0,0%
		Masculino	% del total	0,0%	50,0%
Total	Sexo	Femenino	% del total	10,0%	30,0%
		Masculino	% del total	0,0%	60,0%
Total			% del total	10,0%	90,0%

Tabla 6 – Tabla cruzada Sexo*Hábitos positivos*Rango de Edad.

Con relación a los hábitos positivos de lógica de programación se observa que para las edades de 16 a 20 años (figura 1) hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que las mujeres obtuvieron un porcentaje (53.8%) mayor al de los hombres (46.2%) de nivel alto; para las edades de 21 a 25 años (figura 2) donde solo fueron hombres, el 80% obtuvo un nivel alto; y para las edades de 26 a 30 años (figura 3) no hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que en ambos se obtuvo el mismo porcentaje (50%) de nivel alto.

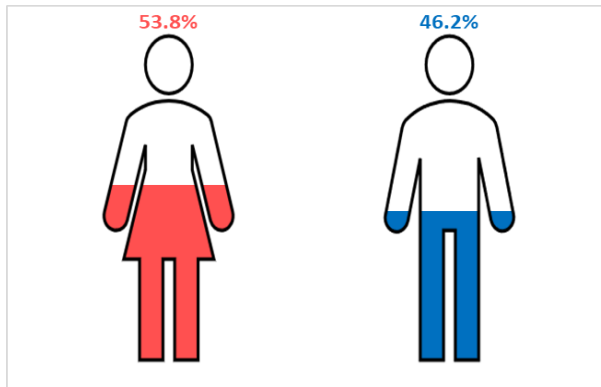


Figura 7 – Nivel Alto de Hábitos positivos según sexo en estudiantes de 16 a 20 años

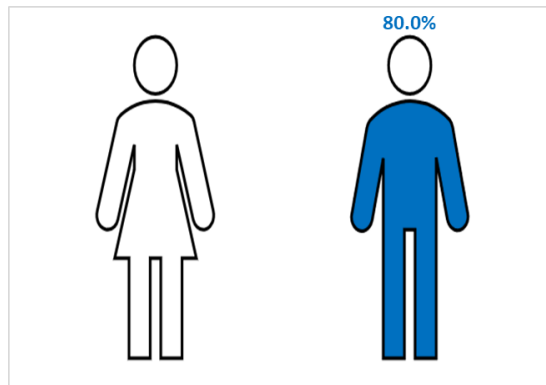


Figura 8 – Nivel Alto de Hábitos positivos según sexo en estudiantes de 21 a 25 años

La tabla 7, muestra el nivel de Actitud hacia la lógica de programación que presentan los estudiantes. El 53,8% de estudiantes del sex femenino que representan 7 mujeres entre las edades de 16 a 20 años, presentan una actitud positiva hacia la lógica de programación, mientras que el porcentaje que presentan al sexo masculino es del 46,2% en el mismo nivel. El 80% de estudiantes que representa 4 hombres entre las edades de 21 a 25 años, presentan una actitud positiva hacia la lógica de programación. Finalmente, el 50% de estudiantes del sexo femenino que representa 1 mujer entre las edades de 26 a 30 años, presenta una actitud positiva hacia la lógica de programación, el mismo porcentaje se

presenta para el sexo masculino alcanzando el mismo nivel. Además, se puede constatar que el 95% de estudiantes tuvo un nivel de Actitud Positiva, mientras que el 5% un nivel de Neutral.

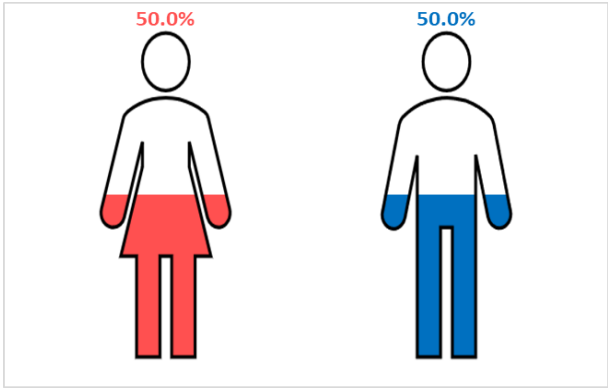


Figura 9 – Nivel Alto de Hábitos positivos según sexo en estudiantes de 26 a 25 años

Rango de Edad				Actitud	
				Neutral	Positiva
16-20	Sexo	Femenino	% del total		53,8%
		Masculino	% del total		46,2%
21-25	Sexo	Masculino	% del total	20,0%	80,0%
26-30	Sexo	Femenino	% del total		50,0%
		Masculino	% del total		50,0%
	Sexo	Mujer	% del total	0,0%	40,0%
		Masculino	% del total	5,0%	55,0%
Total			% del total	5,0%	95,0%

Tabla 7 – Tabla cruzada Sexo*Actitudes hacia la lógica de programación *Rango de Edad.

Con relación a los hábitos positivos de lógica de programación se observa que para las edades de 16 a 20 años (figura 10) hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que las mujeres obtuvieron un porcentaje (53.8%) mayor al de los hombres (46.2%) de nivel alto; para las edades de 21 a 25 años (figura 11) donde solo habían hombres, el 80% obtuvo un nivel alto; y para las edades de 26 a 30 años (figura 12) no hubo diferencia en cuanto al sexo, ya que en ambos se obtuvo el mismo porcentaje (50%) de nivel alto.

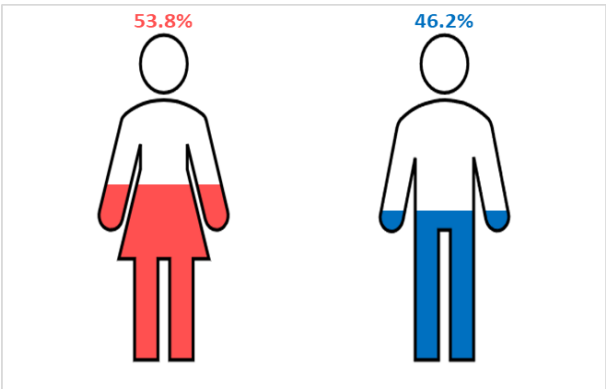


Figura 10 – Nivel Alto de Actitud según sexo en estudiantes de 16 a 20 años

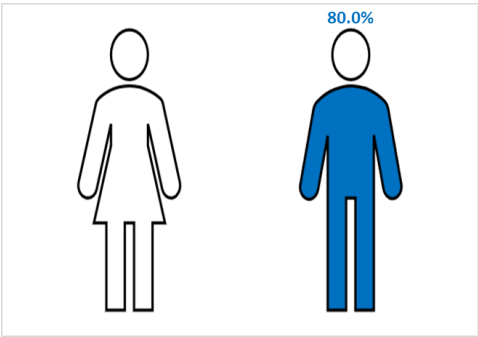


Figura 11 – Nivel Alto de Actitud según sexo en estudiantes de 21 a 25 años

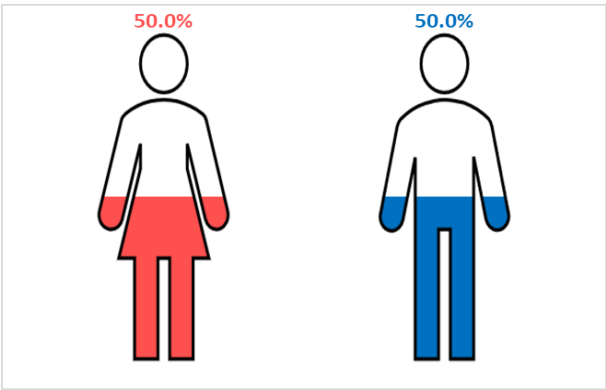


Figura 12 – Nivel Alto de Actitud según sexo en estudiantes de 26 a 30 años

5. Discusión

Con los resultados encontrados se da a conocer que los estudiantes de esta muestra en su mayoría distinguen los conceptos de algoritmo, variable, constante, tipos de datos, tipos de operadores y diagramadores, lo cual les facilita el desarrollo de algoritmos y su posterior aplicación, a la vez que existen estudiantes que presentan una mayor resiliencia al diseñar el algoritmo de solución y desarrollar el algoritmo en un programa, en comparación con los resultados encontrados por Machuca et al. (2021) donde fueron las mayores dificultades que tuvieron los estudiantes para aprender a programar; Si bien el internet proporciona una gama de recursos muy útiles para programar, se ha podido constatar que la mayoría de estudiantes analiza el algoritmo de otros programadores para un mayor aprendizaje.

También se pudo constatar que el 95% de estudiantes obtuvo un nivel Alto en el Desarrollo de capacidades, lo cual se relaciona con lo mencionado por Fuentes-Rosado y Moo Medina, (2017) que los estudiantes de ingeniería en sus últimos semestres tienen que enfrentar tareas de solución de problemas a través de la programación básica en sus primeros años de su preparación universitaria.

Además, se contrastó que el 95% de estudiantes tuvo un nivel Alto de Actitud hacia la lógica de programación, lo cual coincide con lo referido por Coppo, et al., (2011) que el estudiante se relaciona no solo cognitivamente con su actividades sino también en forma afectiva; característica que es fundamental para determinar el tiempo y esfuerzo que luego dedicará a la conclusión de estas.

En el estudio no se ha encontrado dificultades resaltantes por parte de los estudiantes de ambos sexos en el aprendizaje del desarrollo de lógica de programación, es posible que se relacione con lo mencionado por Coppo et al., 2011) al referir que para aprender a programar se encuentran un conjunto de recursos en línea como: tutorías en video, cursos gratuitos, guías, códigos reutilizados, ejemplos y ejercicios resueltos de algoritmos en diversos lenguajes de programación.

6. Conclusiones

En el estudio se determinó que los estudiantes de ambos sexos estuvieron en un promedio adecuado de desarrollo de la lógica de programación, dividiéndola en 4 dimensiones: Desarrollo de Capacidades, Resiliencia, hábitos positivos y actitud hacia la lógica de programación, las que individualmente se analizaron en base a las percepciones que tuvieron los estudiantes de la carrera técnica de Desarrollo de Sistemas del Instituto de Educación Superior Tecnológico al resolver un cuestionario que recopiló información relevante sobre el proceso de aprendizaje que tuvieron.

Gracias a la presente investigación se identificó que muchos estudiantes alcanzan altos niveles de desarrollo de las capacidades de lógica de programación, comprendiendo los conceptos, desarrollando algoritmos con estructuras de control, arreglos, funciones y procedimientos, lo cual es muy beneficioso para que continúen con su carrera técnica profesional y llegar a ser excelentes desarrolladores de sistemas de información. En el caso de Resiliencia, se pudo conocer que la mayoría de las estudiantes son resilientes ante las dificultades para programar, ya sea para comprender el enunciado del

problema, analizarlo, diseñar el algoritmo de solución o desarrollar el algoritmo del programa. Además de ello, la gran mayoría de estudiantes tienen hábitos positivos y buenas prácticas al momento de programar, utilizando métodos para representar los algoritmos, analizando los algoritmos existentes y mejorándolos, usando estrategias para diseñar los algoritmos de solución que le permitirán desarrollar su programa. Finalmente, en cuanto a la actitud que se demuestra hacia la lógica de programación se conoció que la gran mayoría de estudiantes presenta un nivel alto de actitud hacia esta, generando motivación y participación en las sesiones de clase, lo que le permite aprender de la mejor manera.

Con la información recopilada se espera contar en un futuro con nuevas propuestas de aprendizaje que puedan ser incluidas en el sílabo de la asignatura, lo cual permita evaluar y mejorar los resultados encontrados en la presente investigación, llegando a utilizar incluso estrategias innovadoras o metodologías de aprendizaje como la gamificación que permitan al estudiante desarrollar aún más su lógica de programación, mejorando su actitud y motivándose a mejorar cada día.

Se recomienda que en futuras investigaciones la muestra sea de estudiantes de los primeros ciclos, ya que todavía están iniciándose en su formación y ver que falencias se pueden encontrar. Debido a que en este estudio se realizó con estudiantes de ciclos avanzados. Además, se podría incluir el verificar la interacción que han tenido en cursos en línea para un autoaprendizaje relacionado con la programación.

Referencias

- Angarita, L. B., Taborda, M. A. P., Márquez, J. D. E., & Díaz, J. D. V. (2021). Videojuego para el aprendizaje de lógica de programación. *Revista Educación en Ingeniería*, 16(31), 46-56.
- Arteaga, V. (2019). *Gestión Del Aula Invertida Y Aprendizaje De Lógica De Programación, En Estudiantes De Una IESP, Trujillo-2019*. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/37800>
- Beltrán, J., Sanchez, H. y Rico, M. (2021). Aprendizaje divertido de programación con. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*(41), 17-33. <https://doi.org/10.17013/risti.41.17-33>
- Borkowski, N. (2005). *Organizational behavior in health care*. Jones & Bartlett Learning.
- Cardona, S., Hernández, L. y Jaramillo, S. (2010). *Lógica Matemática para Ingeniería de Sistemas y Computación*. Elizcom.
- Cartagena, M. (2008). Relación entre la autoeficacia, el rendimiento escolar y los hábitos de estudio de secundaria. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y cambio en Educación*, 6(3). <http://www.rinace.net/arts/vol6num3/art3.pdf>
- Castro-Romero, A. & González-Sanabria, J. (2021). Experiencias universitarias de aula en la introducción a la programación. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 18 (35), 85-94.

- Cheung, D. (2009). Developing a Scale to Measure Students' Attitudes toward Chemistry Lessons. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2185-2203. <https://doi.org/10.1080/09500690802189799>
- Coppo, R., Iparraguirre, J., Feres, G., Ursua, G., & Cavallo, A. (2011). Sistema didáctico para la enseñanza de la programación con metodologías de aprendizaje basado en problemas [Ponencia]. *XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Rosario. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19923>
- Correa, D., Abarca, A., Baños, C. y Analuisa, S. (2019). Actitud y aptitud en el proceso del aprendizaje. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/06/actitud-aptitud-aprendizaje.html>
- Fernández, F. (1988). *Técnicas de estudio en Diccionario de Ciencias de la Educación*. Santillana.
- Ferreira, H. y Peretti, G. (2021). Desarrollo de capacidades fundamentales: aprendizaje relevante y educación para toda la vida. *Congreso iberoamericano de educación metas 2021*. Obtenido de https://www.chubut.edu.ar/descargas/secundaria/congreso/COMPETENCIASBASICAS/RLE3476_Ferreira.pdf
- Fuentes-Rosado, J. y Moo-Medina, M. (2017). Dificultades de aprender a programar. *Educacion en Ingenieria*, 12(24), 76-82. <https://doi.org/10.26507/rei.v12n24.728>
- García-famoso, M., Dueñas, J., Mouscusi, M. (2019). Validación de la escala de actitud ante la programación [Ponencias]. *Revista Evaluar*, 19(1). <http://bioinfo.uib.es/~joemiro/aenui/procJenui/Jen2021/EC0057.pdf>
- Guitart, R. (2002). *Las actitudes en el centro escolar: reflexiones y propuestas*. Editorial Graó.
- Henerson, M., Morris, L., y Fitz-Gibbon, C. (1987). *How to measure attitudes*. Sage Publications.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. MCGRAW-HILL.
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- Huang, Yen-Ping & Huang, Yueh-Min. (2013). Programming Language Learning Supported by an Accredited Course Strategy. *Proceedings - 2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2013*. 327-329. <http://dx.doi.org/10.1109/ICALT.2013.101>.
- Ibarra-Zapata, Ronald-Eduardo, Castillo-Cornelio, José-Orlando, Trujillo-Natividad, Pedro-Crisolo, García-Villegas, Christian, Yanac-Montesino, Rannoverng, & Pando, Brian. (2021). Enseñanza-aprendizaje de programación de computadoras: avances en la última década. *Revista científica*(42), 290-302. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/23448350.18339>

- Jiménez-Toledo, J. A., Collazos, C., & Revelo-Sánchez, O. (2019). Considerations for the Teaching-Learning Processes of Introductory Programming Courses: A Systematic Literature Review. *TecnoLógicas*, 22, 83-117. <https://doi.org/10.22430/22565337.1520>
- Joyanes, L. (2008). *Fundamentos de Programación. Algoritmos, estructura de datos y objetos*. McGraw Hill. <https://combomix.net/wp-content/uploads/2017/03/Fundamentos-de-programaci%C3%B3n-4ta-Edici%C3%B3n-Luis-Joyanes-Aguilar-2.pdf>
- Juganaru, M. (2014). *Introducción a la programación*. Patria. Obtenido de <https://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384154.pdf>
- Konecki, K. (2014). Problems in programming education and means of their improvement. En *DAAAM International Scientific Book* (págs. 459-470). https://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/science_books_pdfs/2014/Sc_Book_2014-037.pdf.
- Konecki, M., Kadoié, N. y Piltaver, R. "Intelligent assistant for helping students to learn programming". 924-928. <http://dx.doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160406>
- López, L. (2013). Metodología para el Desarrollo de la Lógica de la Programación Orientada a Objetos. *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética E Informática*, 10(2), 27-32. Obtenido de <http://www.iiisci.org/journal/pdv/risci/pdfs/ca889xd13.pdf>
- Machuca Vivar, S. A., Sampedro Guamán, C. R., Palma Rivera, D. P., & Cañizares Galarza, F. P. (2021). Desarrollo de la lógica de programación en estudiantes de sistemas de Uniandes Santo Domingo. *Revista Conrado*, 17(79), 214-224. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000200214
- Mancilla, A., Ebratt, R., y Capacho, J. (2015). *Diseño y construcción de algoritmos*. Universidad del Norte. Universidad del Norte.
- Mateos, R. (2009). Dificultades de Aprendizaje. *Psicología Educativa*, 15(1), 13-19. <https://journals.copmadrid.org/psed/archivos/ed2009v15n1a2.pdf>
- MINEDU. (24 de Mayo de 2019). *Currícula Nacional*. <http://curriculonacional.isos.minedu.gob.pe/index.php?action=artikel&cat=3&id=74&artlang=es>
- Moreno, J., & Montaña, E. (2009). ProBot: Juego para el aprendizaje de lógica de programación. En *Memorias del XIV Taller Internacional de Software Educativo*. Santiago de Chile, Chile. http://www.tise.cl/2009/tise_2009/pdf/1.pdf
- Pérez, H. y Roig, R. (2015). Entornos de programación no mediados simbólicamente para el desarrollo del pensamiento computacional. Una experiencia en la formación de profesores de Informática de la Universidad Central del Ecuador. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 46(9), 1-22. <https://revistas.um.es/red/article/view/240301/182981>
- Pérez, R. (2021). Programación estructurada. <https://pro.iesdonana.org/apuntes/programacion-estructurada-apuntes.pdf>

- ProInnovate. (13 de Agosto de 2021). Crack the Code: Niños y niñas pueden iniciarse en el mundo de la programación desde los 5 años [Nota de prensa]. <https://www.gob.pe/institucion/proinnovate/noticias/511352-crack-the-code-ninos-y-ninas-pueden-iniciarse-en-el-mundo-de-la-programacion-desde-los-5-anos>.
- Prokofyeva, N., Uhanova, M., Katalnikova, S., Synytsya, K. y Jurenoks, A. Introductory programming training of first year students. *Procedia Computer Science*, vol. 104, pp. 286 - 293, 2017.
- Romero, J., Levigne, R., Diaz, M., Gallardo, E., Niño, C., Niño, P., Paneque, J. y Rodriguez, R. (2005). *Dificultades en el Aprendizaje : Unificación de Criterios Diagnósticos. I. Definición, Características y tipos*. Junta de Andalucía. <http://disde.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/4775>
- Selby, C. (2015). Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy. *WiPSCE '15 Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, (págs. 80-87). London, United Kingdom: ACM New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/2818314.2818315>
- Tillmann, N., Halleux, J., & Xie, T. (2015). La enseñanza y el aprendizaje de programación e ingeniería de software a través de juegos interactivos. <https://doi.org/10.1145/2746194.2746220>
- Trejos, O. (2017). *Logica de Programacion*. Ediciones de la U.
- Vásquez, J. (2012). *Análisis y diseño*. RED TERCER MILENIO S.C. Obtenido de http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/sistemas/Analisis_y_disenio_de_algoritmos.pdf

Análisis de la Metodología AgilePM-S: una propuesta para la gestión ágil de proyectos de software

Hernández Cruz Luz María¹, Francisco Javier Barrera Lao¹,
Héctor Manuel Quej¹ Cosgaya y Roberto Carlos Canto Canul¹

lmhernan@uacam.mx; fjbarrer@uacam.mx; hecmquej@uacam.mx; roccanto@uacam.mx

¹ Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ingeniería. San Francisco de Campeche, México.

Pages: 270-285

Resumen: El presente estudio exhibe un análisis de frecuencias y dispersión a través de la definición de baremos utilizando el software SPSS. El análisis se realiza a partir de una investigación de campo, particularmente la evaluación permite realizar una correspondencia de la Metodología AgilePM-S y los postulados ágiles con la finalidad de proponer una nueva guía o marco de trabajo para la gestión ágil de proyectos académicos. Estableciendo una forma específica de implementar los procesos al administrar la implementación de productos de software. El objetivo principal del estudio es disponer y procurar las buenas prácticas con el uso de la Metodología AgilePM-S que conlleve al éxito de los proyectos de desarrollo de software. Contribuyendo a la comunidad académica y científica con una herramienta que impere con la gestión ágil de proyectos en el desarrollo de software.

Palabras-clave: Metodología AgilePM-S, Análisis, Dimensiones, Baremos, SPSS.

Analysis of the AgilePM-S Methodology: A proposal for the agile management of software projects

Abstract: The present study exhibits an analysis of frequencies and dispersion through the definition of scales using the SPSS software. The analysis is carried out from a field investigation, particularly the evaluation allows to make a correspondence of the AgilePM-S Methodology and the agile postulates with the purpose of proposing a new guide or framework for the agile management of academic projects. Establishing a specific way to implement the processes when managing the implementation of software products. The main objective of the study is to provide and seek good practices with the use of the AgilePM-S Methodology that leads to the success of software development projects. Contributing to the academic and scientific community with a tool that prevails with agile project management in software development.

Keywords: AgilePM-S Methodology, Analysis, Dimensions, Scales, SPSS.

1. Introducción

Los métodos de desarrollo ágil han despertado interés principalmente en la ingeniería de software, pero también en otras disciplinas, incluidos los sistemas de información y la gestión de proyectos (Dingsoeyr, Falessi, & Power, 2019).

La gestión ágil de proyectos es un estilo de gestión de proyectos que se centra en entrega temprana de valor comercial, mejora continua de productos y procesos del proyecto, flexibilidad de alcance, aportes del equipo y entrega de productos bien probados que reflejan las necesidades del cliente. Se denomina gestión ágil de proyectos a un conjunto de metodologías que permiten el desarrollo de proyectos que precisan de una especial rapidez y flexibilidad en su proceso y en especial, aquellos desarrollados en entornos donde encontramos una incertidumbre muy alta (Layton & Ostermiller, 2017). En este tipo de proyectos, se halla el desarrollo de software, ya que su producción tiene una naturaleza diferente. El software no posee pasos intermediarios que puedan ser verificables como válidos durante su ciclo de vida (Laínez, 2015).

La investigación de campo asociada a la Metodología *AgilePM-S* está compuesta y evaluada de acuerdo con cinco dimensiones: agilidad, capacidad del equipo, tiempo de entrega, adaptación al cambio y cultura ágil. Por tal razón, en el presente estudio se crean variables de matriz que agrupan los datos recolectados para cada una de las dimensiones. A partir de ello, se realiza el estudio y análisis presentado.

2. El estudio de la Investigación

En particular, los proyectos de desarrollo de software, por su naturaleza dinámica, requieren de una gestión particular basada en conceptos propios de la Ingeniería de Software (Sommerville, 2015). Un modelo de desarrollo de software define una filosofía o marco de actuación para obtener un software que se ajuste a determinadas características. Éstos se implementan a través de sus metodologías que van describiendo el proceso de ingeniería, junto con las herramientas a aplicar, para obtener el producto que verifique las especificaciones del modelo (Alonso, Martinez, & Segovia, 2005). Un proceso de software descrito como un conjunto de actividades y resultados asociados que producen un producto de software (Ramos, Noriega, Laínez, & Durango, 2017). Particularmente, se pretende evaluar una Metodología propuesta denominada con el nombre de *AgilePM-S*, para ello se realiza una investigación de campo donde se recogen datos que permiten un análisis de evaluación de dicha metodología en correspondencia con los Postulados Ágiles.

3. Desarrollo del estudio

3.1. El enfoque ágil

Para hablar de una gestión ágil, sin lugar a dudas, es necesario retomar el origen de esta corriente, como esencia del objeto de estudio. Los cuatro postulados ágiles que sustentan el concepto de agilidad son (Cunningham, 2001):

1. **Individuos e interacciones** sobre procesos y herramientas.

2. **Software funcionando** sobre documentación excesiva.
3. **Colaboración con el cliente** sobre negociación contractual.
4. **Respuesta ante el cambio** sobre seguir un plan.

3.2. La Metodología AgilePM-S

La Metodología *AgilePM-S*, es un modelo propuesto a partir del marco de trabajo Scrum y los estándares provistos por el Project Management Institute (PMI) para la gestión ágil de proyectos, específicamente la Guía Práctica Ágil publicada en el año 2017.

La Metodología *AgilePM-S* presenta una estructura organizada con base a la Guía PMBOK. Está basada en procesos, donde los procesos se superponen e interactúan a lo largo de la realización de las fases del proyecto (Hernández Cruz & Bravo Diaz, 2020).

Es precisamente, de lo anterior de donde se identifican los componentes para el diseño de la Metodología *AgilePM-S*:

- *Fases*. La fase representa cada una de las etapas de la gestión ágil como parte del ciclo de vida del proyecto derivado del modelo de proceso.
- *Procesos*. Conjunto de acciones y actividades interrelacionadas a seguir por cada uno de los roles.
- *Roles*. Define un conjunto de responsabilidades y habilidades específicas relacionadas con la gestión ágil que deben ser llevadas a la práctica dentro del proyecto de desarrollo de software por un miembro del equipo.
- *Eventos*. Reuniones dispuestas durante la gestión ágil del proyecto.
- *Artefactos*. Producto de trabajo de la gestión ágil del proyecto.
- *Tecnologías*. Software de uso específico para automatizar actividades implicadas en la gestión ágil de proyectos.

La Metodología *AgilePM-S*, plantea cuatro fases en el desarrollo de un proyecto de software. La primera y última fase únicamente se realizan una vez durante toda la vida, mientras que, en el medio, se encuentran las Fases 2 y 3 que son iterativas e incluyen los incrementos funcionales para el producto de software. La Tabla 1 muestra las fases y procesos de la Metodología *AgilePM-S*.

Fases	Procesos
<i>Fase1: Iniciación del proyecto</i>	P1. Definir el proyecto P2. Asignar Roles del proyecto P3. Crear la Lista de producto
<i>Fase 2: Planificación y ejecución de la Iteración (Sprint)</i>	P4. Planificar la Iteración (Sprint) P5. Producir los entregables
<i>Fase3: Revisión, retrospectiva y refinamiento de la Iteración (Sprint)</i>	P6. Lanzar funcionalidad del producto
<i>Fase4: Fin del Proyecto</i>	P7. Cierre del proyecto
<i>Representa un proceso iterativo.</i>	

Tabla 1 – Fases y procesos de la Metodología *AgilePM-S*

De la Tabla 1 además se puede observar que la Metodología *AgilePM-S* especifica siete procesos generales prioritarios que se detallan a continuación. Estos son el objeto del análisis cuantitativo del presente estudio:

1. *Definir el proyecto*: Es el proceso que consiste en identificar la naturaleza del proyecto, las necesidades y requerimientos de la empresa, la redacción inicial del alcance del proyecto y realizar un primer plan de entregas macro del proyecto. La Figura 1 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso “Definir el proyecto”.

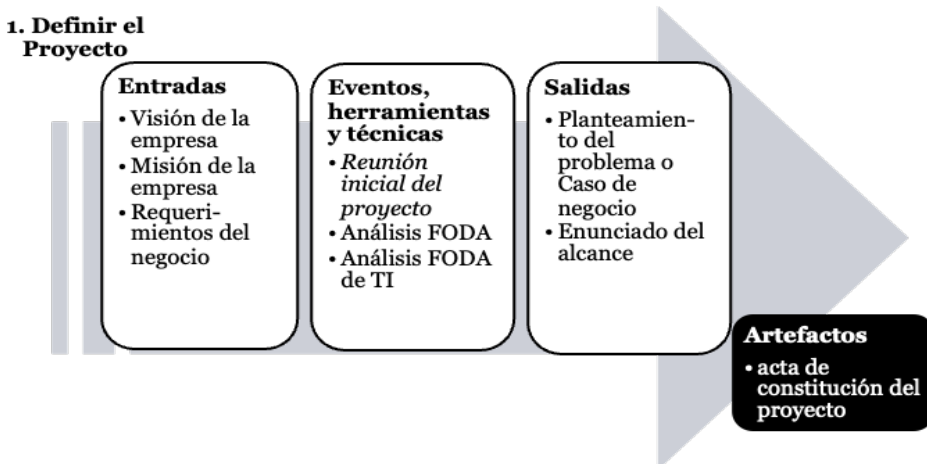


Figura 1 – Proceso “Definir el proyecto” de la Metodología *AgilePM-S*.

2. *Asignar roles del proyecto*: Es el proceso que establece los actores o personas que podrán intervenir durante todo el ciclo de vida del proyecto. En la Metodología *AgilePM-S* se establecen cuatro roles que deben especificarse en este proceso: *Product Owner* (PO), *Agile Master* (SM), *Coach Agile* (CA) y *Agile Team* (DT). Los datos generales y de contacto de las personas que tienen asignado un rol se guardan en un artefacto denominado Registro del Collaborators. La Figura 2 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso Asignar Roles del proyecto.
3. *Crear la lista de producto (Product Backlog)*: Engloba todas las tareas o actividades correspondientes a la definición, priorización, estimación, definición de criterios de aceptación de Historias de Usuario e Historias de Usuario Técnicas. La Figura 3 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso Crear la lista de producto (*Product Backlog*).

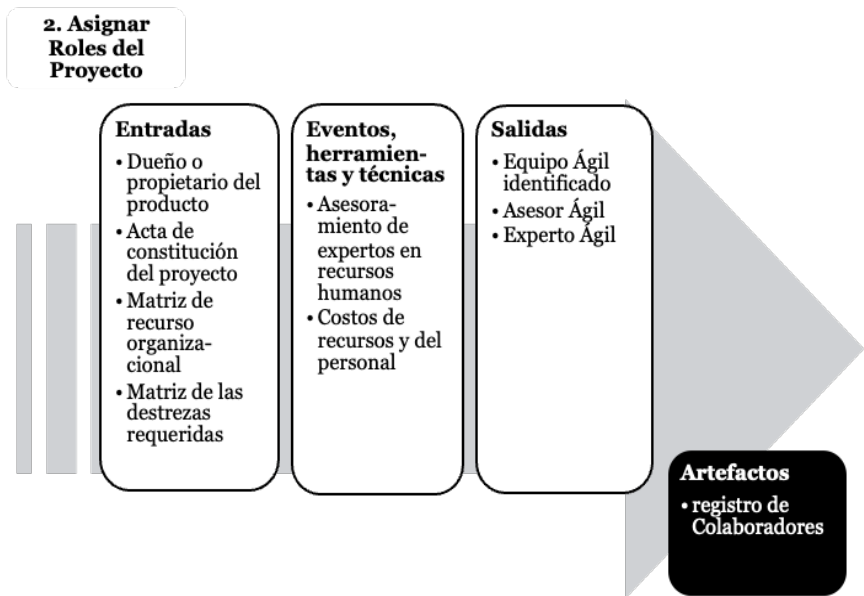


Figura 2 – Proceso “Asignar roles del proyecto” de la Metodología AgilePM-S.

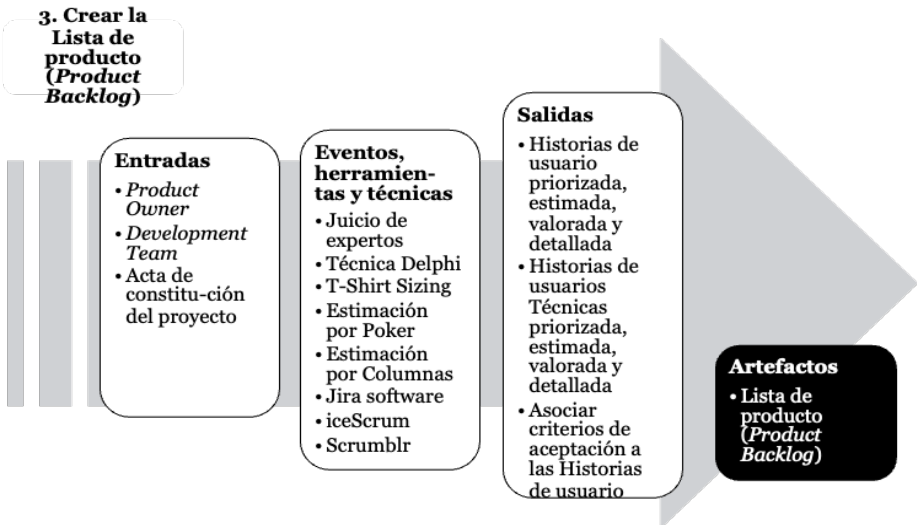


Figura 3 – Proceso “Crear la lista de producto” de la Metodología AgilePM-S.

4. *Planificar el Sprint*: Permite llevar a cabo las actividades relativas a la construcción de la lista de Sprint (*Sprint Backlog*). En este proceso se describe el objetivo del Sprint, posteriormente se analiza la lista de producto (*Product Backlog*) y se eligen las Historias de usuario a trabajar en el siguiente *Sprint*.

Además, se determinan todas las Tareas por cada Historia de usuario y se asigna el recurso necesario para la misma. La Figura 4 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso Crear la lista de producto (*Product Backlog*).

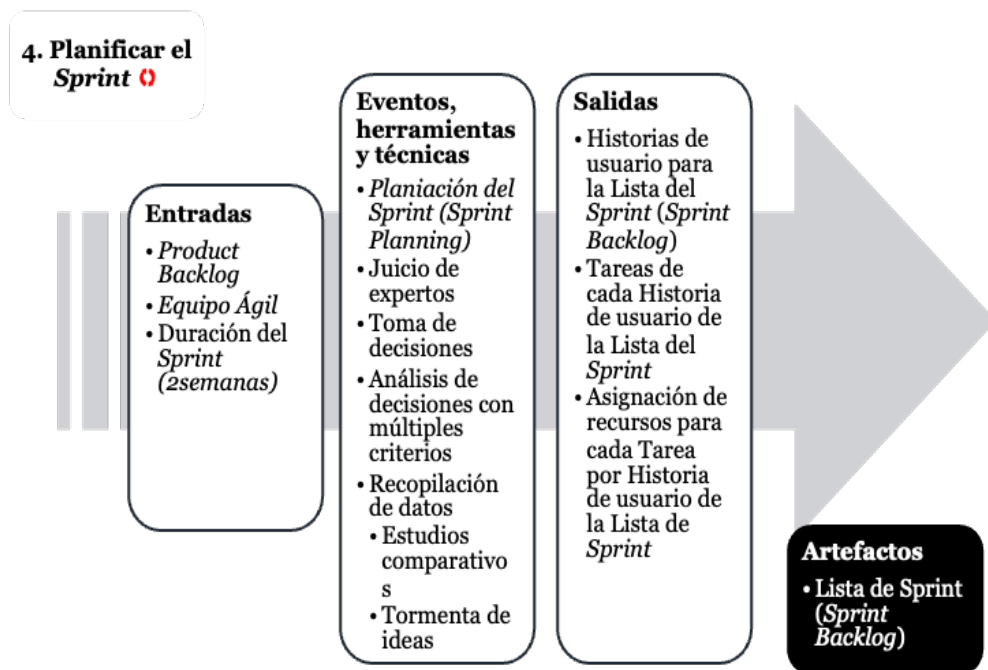


Figura 4 – Proceso “Planificar el *Sprint*” de la Metodología *AgilePM-S*.

5. Producir los entregables: Permite llevar a cabo las actividades relativas a la construcción del producto con las historias de usuario de la lista del *Sprint (Sprint Backlog)*. En este proceso se describe el objetivo del *Sprint*, posteriormente se analiza la lista de producto (*Product Backlog*) y se eligen las Historias de usuario a trabajar en el siguiente *Sprint*. Además, se determinan todas las Tareas por cada Historia de usuario y se asigna el recurso necesario para la misma. La Figura 5 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso Producir los entregables.
6. Lanzar funcionalidad del producto: Permite terminar un *Sprint*. En este proceso se describe la definición de Hecho para las Tareas de la Historia realizadas en el *Sprint* y se llevan a cabo los Eventos de *Sprint Review*, *Sprint Retrospective* y *Sprint Grooming*. La Figura 6 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso Lanzar funcionalidad del producto.

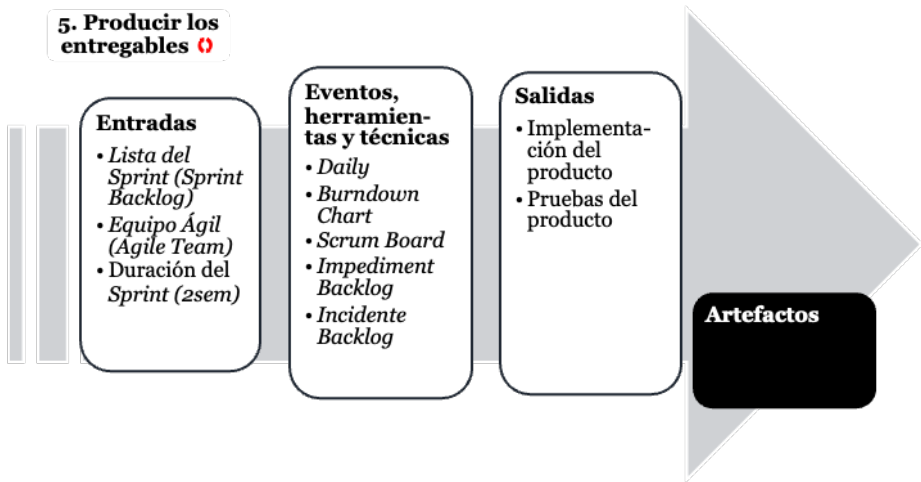


Figura 5 – Proceso “Producir los entregables” de la Metodología *AgilePM-S*.

7. Cierre del proyecto: Permite terminar el Proyecto. En este proceso se lanza el producto y se hace la entrega formal del mismo. La Figura 7 muestra las Entradas; Eventos, herramientas y técnicas; Salidas; y Artefactos del proceso Cierre del proyecto.

3.3. Análisis de la Investigación de campo: Evaluando la Metodología *AgilePM-S*.

En primera instancia se realiza un análisis univariados (exploratorios) de los datos recogidos a través del instrumento *AgilePM-SS*. En este estudio se incluye el análisis de Frecuencias por dimensión y estableciendo Baremos de Nivel (alto, medio y bajo). Además de las Medidas de Dispersión con el objetivo de encontrar y representar características propias relativas a la Metodología *AgilePM-S* y los Postulados Ágiles.

El estudio se realiza mediante una investigación de campo. El instrumento de recogida de datos fue diseñado ad-hoc (a la medida) llamado *AgilePM-SS* y con el objetivo de evaluar la Metodología *AgilePM-S* y su práctica como una metodología de gestión ágil de proyectos. Inicialmente se muestra la tasa de respuesta y la segmentación por sexo de los encuestados. La Tabla 2 y la Figura 8 muestran, respectivamente, tasa de respuesta y la segmentación por género de los encuestados. De igual manera, se presenta la construcción de variables de matriz por dimensión, que sirvieron de entrada para generar un análisis estadístico correlacional y un análisis gráfico de regresión, así analizar y demostrar las interrelaciones de las diferentes variables comparadas, que permitieron aceptar o rechazar la hipótesis planteada.



Figura 7 – Proceso “Cierre del proyecto” de la Metodología AgilePM-S.

Sexo					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Hombre	47	77,0	77,0	77,0
	Mujer	14	23,0	23,0	100,0
	Total	61	100,0	100,0	

Tabla 2 – Tasa de respuesta de encuestados

De la Figura 8, resulta significativa la tasa de respuesta o participación con respecto a la muestra total por género, para los hombres siendo del 77.0% y para las mujeres del 23.0%, lo que muestra claramente una mayor cantidad de alumnos hombres cursando el Programa Educativo de Ingeniero en Sistemas Computacionales en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. Además, en la Tabla 3 y la Figura 9, se puede percibir el rango de edades de los alumnos, obteniendo como resultado un 91.8% con edad entre 20 y 25 años, lo que significa que la mayoría alumnos oscila $\pm$ 3 años en la edad correspondiente al nivel de estudios cursando. Cabe señalar la duración del Programa Educativo Ingeniero en Sistemas Computacionales es de 4 años, y la encuesta fue aplicada en el último semestre de este (8º semestre).

Edad					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	menor o igual a 19 años	1	1,6	1,6	1,6
	entre 20 y 25 años	56	91,8	91,8	93,4
	entre 25 y 30 años	2	3,3	3,3	96,7
	entre 30 y 35 años	2	3,3	3,3	100,0
	más de 35 años	0	0,0	0,0	
	Total	61	100,0	100,0	

Tabla 2 – Tasa de respuesta de encuestados

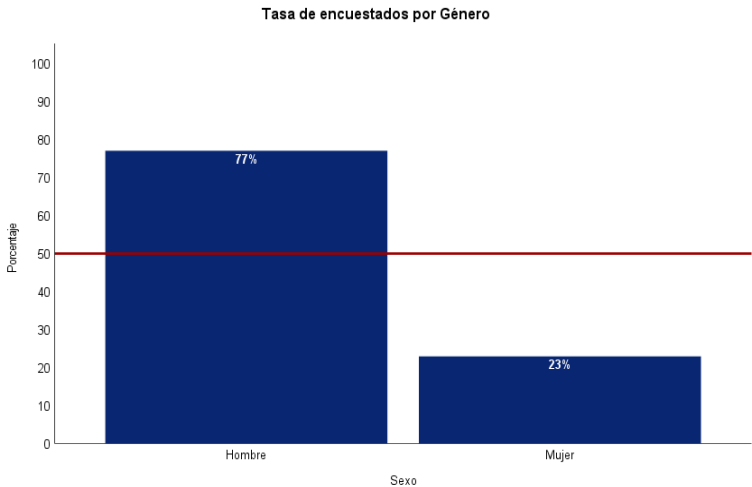


Figura 8 – Gráfico de la tasa de encuestados por género.

En el estudio se han designado tres niveles de logro o cumplimiento para evaluar las dimensiones de análisis: *bajo*, *medio* y *alto*.

Para realizar el análisis de datos, se crean dentro del programa SPSS cinco variables para evaluar los resultados obtenidos por dimensión consolidando los resultados de los ítems correspondientes a cada una de ellas. La Figura 10 muestra las variables de escala por dimensión para el análisis de datos.

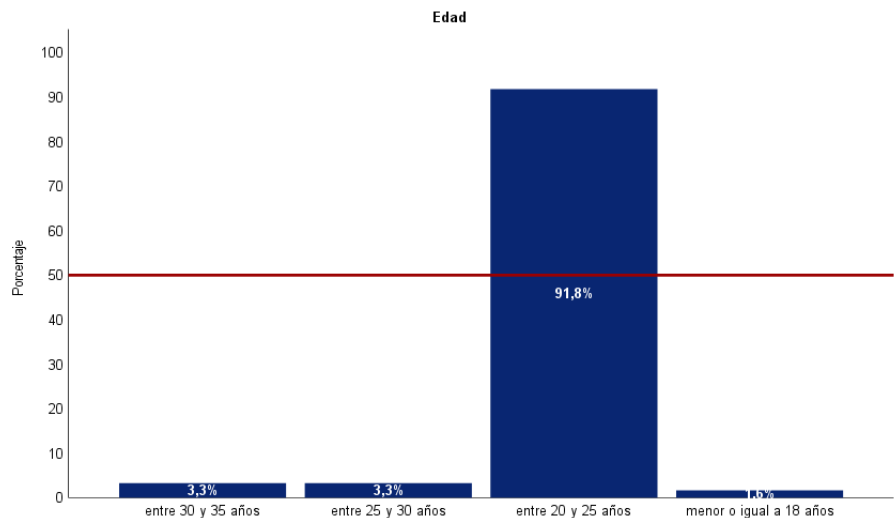


Figura 9 – Gráfico de la tasa de encuestados por rangos de edad

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
27 agilidad	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Escala	Entrada
28 capacidaddeequipo	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	17	Derecha	Escala	Entrada
29 tiempoentrega	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	15	Derecha	Escala	Entrada
30 adaptacionalcambio	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	20	Derecha	Escala	Entrada
31 culturaagil1	Númérico	8	0		Ninguna	Ninguna	14	Derecha	Escala	Entrada

Figura 10 – Variables por dimensión

Baremos por dimensión						
Dimensión	valor mínimo	valor máximo	amplitud	Baremos bajo medio alto		
agilidad	7	35	9.3333	[7 - 16]	[17 - 26]	[27 - 36]
capacidad del equipo	8	40	10.6666	[8 - 18]	[19 - 29]	[30 - 40]
tiempo de entrega	4	20	5.3333	[4 - 9]	[10 - 15]	[16 - 21]
adaptación al cambio	4	20	5.3333	[4 - 9]	[10 - 15]	[16 - 21]
cultura ágil	1	5	1.3333	[1 - 2]	[3 - 4]	[5 - 6]

Tabla 3 – Baremos por Dimensión del instrumento AgilePM-SS.

Después de tener establecidos los baremos se realiza el análisis de frecuencias para cada una de las Dimensiones del estudio. Las Figuras de la 11 a la 15 muestran los resultados obtenidos.

Del total de encuestados se percibe, en la dimensión Agilidad, una frecuencia del 51 en el baremo Nivel alto y solo de 10 para el Nivel medio. La Figura 11 muestra el porcentaje resultado para evaluar la dimensión de agilidad. Se interpreta que la Metodología *AgilePM-S* cumple con un 83.6% con las características propias de agilidad, alcanzando un nivel de logro alto.

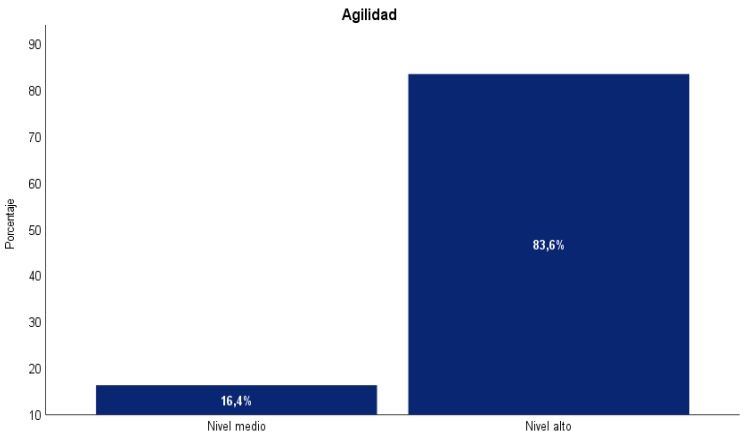


Figura 11 – Frecuencia para la Dimensión Agilidad

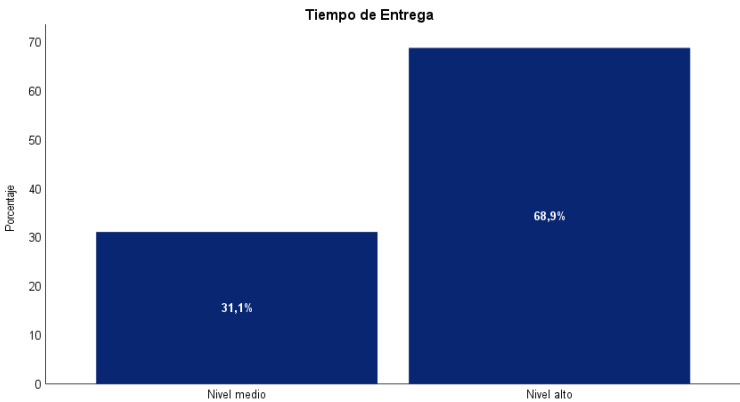


Figura 12 – Frecuencia para la Dimensión Tiempo de Entrega

La dimensión Tiempo de Entrega, los encuestados respondieron para el Nivel alto una frecuencia de 42 encuestados y para el Nivel medio d 19 encuestados. la Metodología *AgilePM-S* cumple con sólo un 68.9% con nivel de logro alto en las características propias del Tiempo de Entrega, y alcanzando un 31.1% de nivel medio. Los encuestados coinciden en el tiempo es una variable determinante en el avance, seguimiento y entrega

del proyecto, a su vez éste es limitado, ya que se debe cumplir con los trabajos y entregas propias de su ciclo escolar. La Figura 12 muestra los resultados para la dimensión Tiempo de Entrega.

Con respecto a la dimensión Adaptación al cambio, la Metodología *AgilePM-S* cumple con un 80.3% con nivel de logro alto en las características propias del Adaptación al cambio, y alcanzando un 19.7% de nivel medio. La Figura 13 muestra los resultados obtenidos para la dimensión Adaptación al cambio.

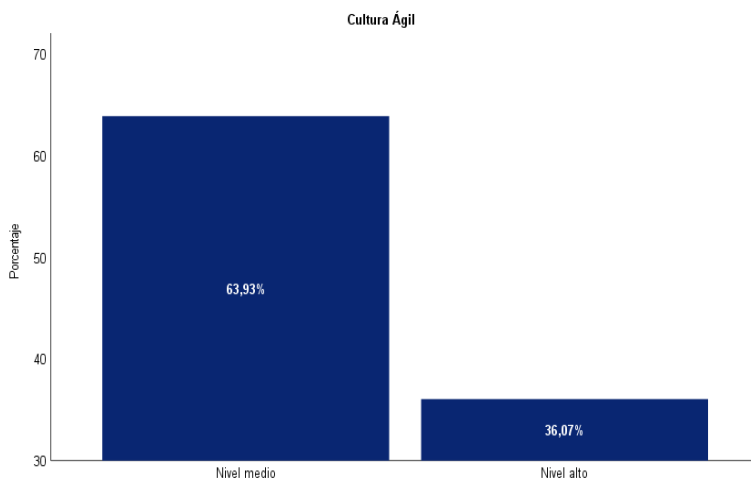


Figura 13 – Frecuencia para la Dimensión Adaptación al cambio

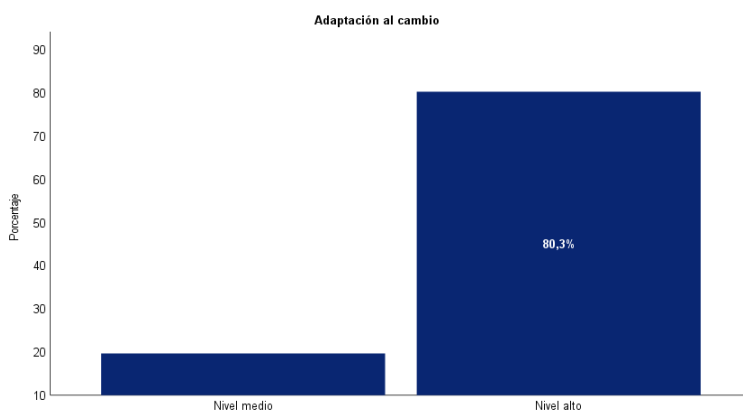


Figura 14 – Frecuencia para la Dimensión Cultura Ágil

Asimismo, se realiza un análisis por dimensión de las medidas de dispersión con respecto a los datos recogidos por el instrumento *AgilePM-SS*. En seguida se exhiben los Histogramas para cada una de las variables creadas en el SPSS y que específicamente responden a los Postulados Ágiles. Las Figuras de la 15 a la 19 muestran los Histogramas por Dimensión considerando sus baremos definidos.

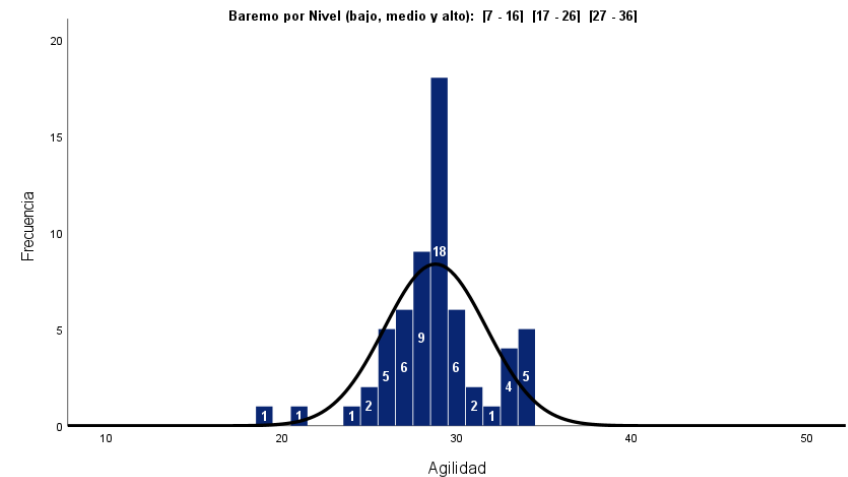


Figura 15 – Frecuencia para la Dimensión Agilidad y sus Baremos

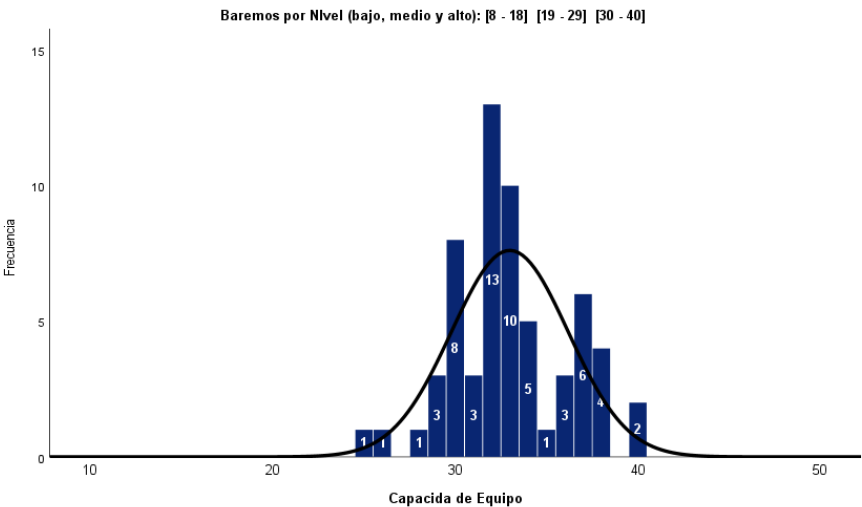


Figura 16 – Frecuencia para la Dimensión Capacidad de Equipo y sus Baremos

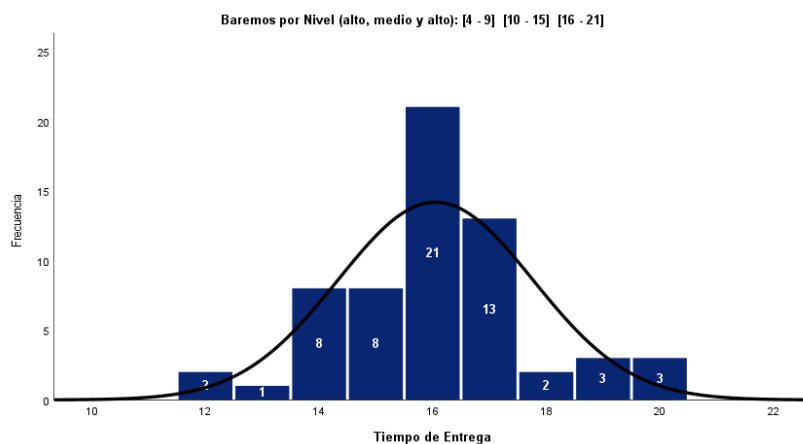


Figura 17 – Frecuencia para la Dimensión Tiempo de Entrega y sus baremos.

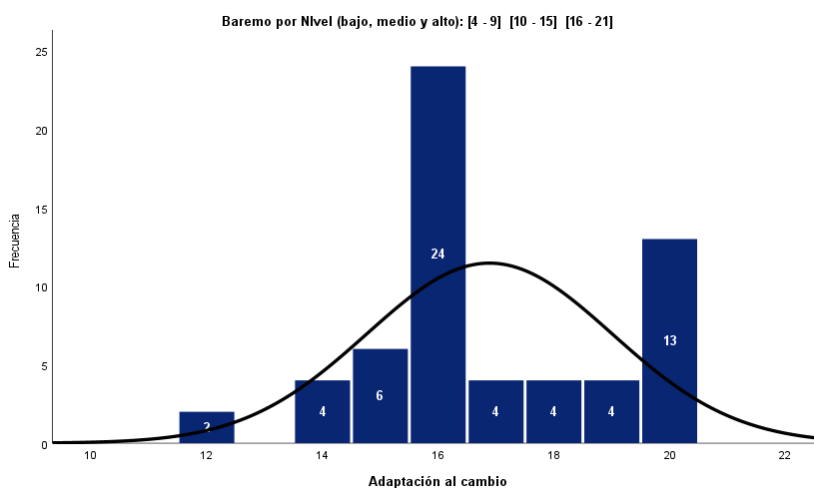


Figura 18 – Frecuencia para la Dimensión Adaptación al cambio y sus baremos.

5. Conclusiones

La gestión ágil es una práctica que conlleva al éxito de proyectos que poseen dinamismo significativo. Concretamente, para proyectos de desarrollo de software los modelos, procesos y metodologías que envuelven el desarrollo de software tendrán que integrarse adecuadamente y, esto dependerá en gran medida del uso de estándares que regulen y guíen los procesos a seguir.

Los resultados conseguidos en el estudio realizado corresponden a un análisis cuantitativo, después de haber contrastado los referentes de los Postulados Ágiles y

la Metodología *AgilePM-S*. Asimismo, se tuvo a bien, incluir los procesos principales de dicha Metodología para que el lector conozca y tenga una visión más amplia de la propuesta a evaluar.

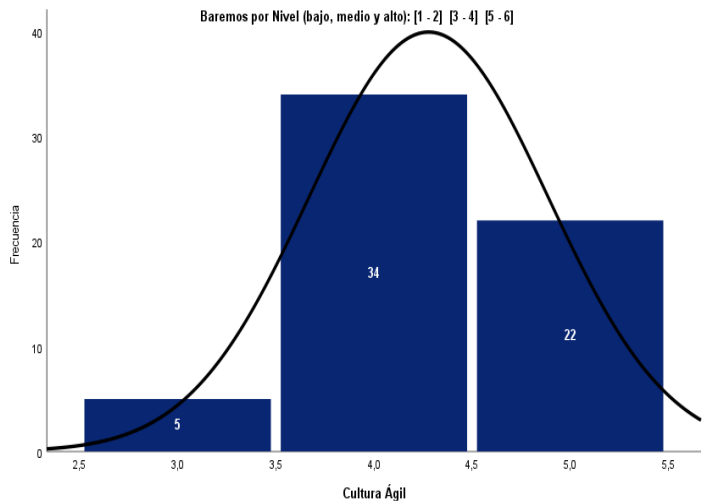


Figura 19 – Frecuencia para la Dimensión Cultura Ágil y sus baremos.

La gestión ágil de proyectos está caracterizada por la adaptabilidad, flexibilidad, equipos autoorganizados y resistencia al cambio, en general, se persiguen los preceptos del enfoque ágil. Por lo cual, existe una dificultad propia de la naturaleza de los proyectos de desarrollo de software. A través del tiempo y el avance científico han emergido muchas propuestas y tendencias en el camino de la gestión de proyectos. Es, una camino largo y amplio de dominar. Con este estudio se permite evaluar la Metodología *AgilePM-S* concluyendo que es apropiada y tiene un nivel alto de aceptación en su uso, específicamente con la muestra analizada. Sin embargo, queda abierta la investigación de esta Metodología y pueda servir de aporte para la gestión ágil de proyectos académicos de desarrollo de software.

Por último, en trabajos futuros, se plantea la mejora continua y experimentación de la Metodología *AgilePM-S* propuesta en el contexto específico del uso en proyectos académicos. Es importante mencionar, que además existe un campo muy amplio de investigación para diversos estudios, considerando nuevos paradigmas, metodologías, estándares y la integración de ellos, siendo ciertamente una oportunidad indiscutible para el avance científico y tecnológico en el área de la Ingeniería de Software.

Referencias

Alonso, F., Martinez, L., & Segovia, J. (2005). *Introducción a la Ingeniería del Software: Modelos de desarrollo de programas*. Madrid: Delta publicaciones.

- Cunningham, W. (2001). *Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software*. Obtenido de <https://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto.html>
- Dingsoeyr, T., Falessi, D., & Power, K. (2019). Agile Development at Scale: The Next Frontier. *IEEE Software*, 36(2), 30-38.
- Hernández Cruz, L., & Bravo Diaz, B. (2020). Design of a procedure for the agile management of software development projects aligned to the pmbok guide | Diseño de un procedimiento para la gestión ágil de proyectos de desarrollo de software alineados a la guía del pmbok. *Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*(E32), 229-241.
- Laínez, J. R. (2015). *Desarrollo de Software Ágil: Extremme Programming y Scrum*. (2da. edición ed.). IT Campus Academy.
- Layton, M. C., & Ostermiller, S. J. (2017). *Agile Project Management for Dummies* (2da. Edición ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (7a. edición ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Project Management Institute, Inc. (2017). *Agile Practice Guide*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute, Inc. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos: Guía del PMBOK sexta edición*. Pennsylvania, Estados Unidos de América: Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute, Inc. (07 de 11 de 2019). *Project Management Institute*. . Obtenido de Project Management Institute. America Latina: <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS/WhatIsPMI.aspx>
- Ramos, D., Noriega, R., Laínez, J. R., & Durango, A. (2017). *Curso de Ingeniería de Software* (2da. edición ed.). IT Campus Academy.
- Sangacha Tapia, L. M., Varela Tapia, E., Ortiz Zambrano, J. A., Ortiz Aguirre, I., Masabanda Campoverde, L. G., & Ferruzola Duque, W. S. (2019). Aplicación móvil en los ambientes educativos en Ecuador: “Monitoreando tareas y Asistencia en tiempo Real”. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Información*(E22), 33.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). Obtenido de La Guía de Scrum: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>
- Sommerville, I. (2015). *Software Engineering* (10a. edición ed.). Pearson Education.
- Urso, C. (2013). *Dirección de Proyectos Exitosos. Cómo dejar de administrar el caos y encarar proyectos posibles y previsibles*. . México: Granica.
- VERBI GmbH. (2020). *MAXQDA. The Art of Data Analysis*. Obtenido de https://es.maxqda.com/software-analisis-datos-cualitativos?gclid=CjwKCAjwiMj2BRBFEiwAYfTbCqamBPTBqPDrOCvGoZjxKB-MtlRmKorZxtK1567YfHN4or1rXR YBLxoCMigQAvD_BwE

La mensajería instantánea nicho para la cultura snack

Lorenyi Ávila Cuintaco¹, Oliva Patiño Cuervo², Daniela Patiño Cuervo³

lorenyiavila@gmail.com; oliva.patino@uptc.edu.co; daniela.patino@uptc.edu.co

¹ Colegio Gimnasio Santander, 150001, Tunja, Colombia

^{2,3} Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 150001, Tunja, Colombia

Pages: 286-301

Resumen: Con la intención de analizar las percepciones sobre las interacciones mediadas por los servicios de mensajería instantánea de los jóvenes universitarios, el texto presenta como escenario introductorio el intercambio epistolar para caracterizar el sujeto propio a este género y contrastarlo con el sujeto constituido en la era del WhatsApp, el meme y el emoji. Se relaciona la mensajería instantánea, la inmediatez y nuevos lenguajes como entidades temáticas que convergen en el escenario comunicativo contemporáneo. Procede metodológicamente desde un enfoque exploratorio con muestreo de tipo teórico. Se seleccionaron 174 estudiantes de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia que estuvieran cursando la asignatura TIC y Ambientes de aprendizaje (asignatura interdisciplinar a las carreras de formación de maestros). Las conclusiones relacionan la pérdida de la espera y el uso de la mensajería instantánea, los sujetos del estudio como proclives a adicciones digitales y el escenario investigado como nicho para la cultura snack.

Palabras clave: mensajería instantánea; inmediatez; cultura snack; virtualidad.

The instant messaging niche for snack culture

Abstract: With the intention of analyzing the perceptions of the interactions mediated by the instant messaging services of young university students, the text presents the epistolary exchange as an introductory scenario to characterize the subject proper to this genre and contrast it with the subject constituted in the WhatsApp era, the meme and the emoji. Instant messaging, immediacy and new languages are related as thematic entities that converge in the contemporary communicative scenario. It proceeds methodologically from an exploratory approach with theoretical sampling. 174 students from the Pedagogical and Technological University of Colombia who were studying the subject ICT and Learning Environments (interdisciplinary subject for teacher training careers) were selected. The conclusions relate to the loss of waiting and the use of instant messaging, the study subjects as prone to digital addictions and the investigated scenario as a niche for snack culture.

Keywords: instant messaging; immediacy; snack culture; virtuality.

1. La carta, pretexto para la introducción

El género epistolar ha sufrido una serie de mutaciones a lo largo de la historia y las civilizaciones. Se registran su uso desde los años 2500 a.C en el antiguo Egipto (Krasniqi, 2014). La creación del servicio regular de correos se asocia al imperio Romano en la figura del emperador Augusto y más tarde nace el sistema de sellado postal, a mediados del siglo XIX (Sánchez, 2019). Así, se ha consolidado como objeto cultural, económico e inserto en el sistema político.

El arte y la literatura le han rendido homenaje a través de obras como *Le Billet doux* -la carta de amor- óleo de François Clouet (1570) y celebres textos como *Procesos de cartas de amores* de Juan de Segura (1548), *Carta Atenagórica* por Sor Juana Inés de la Cruz (1690), y en el contexto latinoamericano y pretexto de análisis en las siguientes líneas *La María* de Jorge Isaac (1867).

La novela escrita por Jorge Isaac y reconocida como la máxima expresión del romanticismo hispanoamericano, relata la relación amorosa entre Efraín y María, quienes posterior al viaje del protagonista a Londres para continuar sus estudios de Medicina, tejen su idilio en medio de cartas.

Durante un año tuve dos veces cada mes cartas de María. Las últimas estaban llenas de una melancolía tan profunda que, comparadas con ellas, las primeras que recibí parecían escritas en nuestros días de felicidad. En vano había tratado de reanimarla diciéndole que esa tristeza destruiría su salud, por más que hasta entonces hubiese sido tan buena como me lo decía; Yo sé que no puede faltar mucho para que yo te vea, me había contestado: desde ese día ya no podré estar triste: estaré siempre a tu lado... No, no; nadie podrá volver a separarnos. La carta que contenía esas palabras fue la única de ella que recibí en dos meses (Isaac, 1867, p. 294).

Publicada en el ocaso del siglo XIX, esta obra literaria contextualiza el intercambio epistolar en la lógica de un amor que se cultiva a la distancia, en el vaivén del tiempo, que enreda el encuentro de sentimientos, pues quien lee, está leyendo el pasado de un remitente que escribe en presente y pretende ser leído en futuro. La carta representa todos los tiempos en un mismo objeto (Domènech, 2019).

En este panorama se habla de un tiempo que no es lineal, sino que circula, que vuelve, que muere y revive en la lectura. La carta captura el tiempo y lo mantiene como tesoro para ser evocado, como un bien preciado que se guarda y se protege. En el espacio, la carta es viajera, aventurera; en el mundo narrativo de Jorge Isaac, la carta transita a lomo de caballo, en canoa, en barco, desde el Valle del Cauca hasta Londres y viceversa, la carta lleva consigo aromas, colores, sabores, paisajes que le permiten al lector experimentar una suerte peculiar de sinestesia. En la lectura se experimentan sensaciones, se percibe el abrazo, el olor impregnado en las letras, se dibuja el rostro de quien escribe en el imaginario de quien lee con nostalgia.

La carta como medio analógico se nutre del afecto y los sentimientos del emisor, además porque generalmente, la carta surge como posibilidad comunicativa en una relación constituida con anterioridad. La misiva no es origen, es sustento y alivio en la distancia. De esta manera, los sujetos de la carta —o propios a los tiempos de la carta— esperan, son

prisioneros de la paciencia y la esperanza, mantienen la ilusión por una nueva misiva. Los sujetos de la carta escriben despacio, buscan fielmente dibujar en las líneas sentimientos y acontecimientos. Las letras al lector arriban en su mejor expresión, guardan memoria de versiones fallidas. Diago (2002) en el texto *El hombre que quería escribir una carta* describe a ese sujeto, propio a los tiempos de la carta, de manera particular:

Este era un hombre que quería escribir una carta. Era un hombre meticoloso, y solía atenerse a las buenas costumbres. Iba a misa los domingos, pagaba sus facturas con puntualidad, respetaba la ley y los semáforos, protestaba cuando todos protestaban, y de lo contrario nunca protestaba, porque lo hubiese aterrado ser el único, el centro de atracción (p.5).

Ante tal descripción y a manera de comparación, los sujetos contemporáneos, ajenos a los tiempos de la carta que “no se congregan ... son ante todo Hikikomoris aislados, singularizados, que se sienten solitarios ante el display (monitor). Medios electrónicos como la radio congregan a hombres, mientras que los medios digitales los aíslan” (Han, 2014, p. 17).

La mensajería instantánea, como metamorfosis de la carta, quiso no solo acortar la línea del espacio, sino también la del tiempo; surge como proyecto para mejorar las interacciones a distancia, sin embargo, aunado a otras condiciones y particularidades del medio digital, ha resultado ser proyectil para las relaciones sociales.

Si bien es cierto, la mensajería instantánea, también se nutre del afecto y la emoción, al ser inmediata resulta ser más pasional, efusiva y en ocasiones violenta y cruel; se entrega el mensaje en el momento mismo que el sentimiento aflora, sin mediación, sin tiempo ni espacio para desistir de lo escrito más que el existente entre el tecleo de la última palabra y el *enter* para el envío.

Ya lo advertía Virilio (1997) al sospechar sobre la tiranía del tiempo real que despoja al hombre de la necesidad de reflexionar antes de actuar, se suprime la espera por el acto casi inconsciente de respuesta inmediata, como una reacción instantánea que “elimina la reflexión en beneficio de un reflejo” (p.86)

A diferencia de María y Efraín víctimas de las barreras espacio-temporales, que encontraron en la carta un bálsamo para su idilio, el hombre actual sucumbe ante la aceleración, la inmediatez y la instantaneidad ocasionada por la supresión de las dimensiones del tiempo y el espacio, siendo la mensajería instantánea no una solución, sino el objeto de asimilación a la velocidad de la comunicación digital.

La mensajería instantánea sostiene el fenómeno actual de la aceleración, y por ende del rendimiento. Se reciben mensajes continuamente y de diverso tipo: familiar, afectivo, laboral, este último aún en horarios extraordinarios, haciendo que todo el tiempo sea tiempo de trabajo. En palabras de Han (2014) la sociedad contemporánea lleva el trabajo a espacios de pseudodescanso como las vacaciones o el mismo sueño.

De otra parte, el éxito de las aplicaciones y servicios de mensajería instantánea tiene respuesta en la psicología. Según investigaciones, recibir respuestas inmediatas genera en el ser humano una sensación de afecto, accesibilidad, cercanía, simpatía, excitación (Kelly, 2012). Sin embargo, no recibir respuesta instantánea o no poder acceder a las aplicaciones conlleva estrés y la ansiedad (Gascón et al., 2019).

Todo este panorama, aunado a la situación de pandemia por Covid 19, donde el distanciamiento físico resultó ser la opción segura, y la comunicación virtual fue la solución para permanecer informados y en contacto con el mundo, invita a pensar en cómo esta realidad influye en el uso de servicios de mensajería digital; si esto afecta categorías como la inmediatez y la espera, y en específico cómo los jóvenes gestionan, reconocen y perciben sus interacciones mediadas por los servicios de mensajería instantánea en medio de un escenario histórico de postpandemia.

A continuación, se relaciona la mensajería instantánea, la inmediatez y nuevos lenguajes como entidades temáticas principales, bajo las cuales se tejen los intereses del estudio, a saber: analizar las percepciones sobre las interacciones mediadas por los servicios de mensajería instantánea en estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

2. Mensajería Instantánea

Conocida también como chat, la mensajería instantánea es una forma de comunicación en tiempo real a través de internet, mediada por dispositivos móviles o computadoras. Los servicios de mensajería instantánea contemplan la interacción por texto, voz, imagen, video, así como la transferencia de archivos adjuntos (Hernández et al., 2021).

El surgimiento de este tipo de mensajería digital data de principios de la década de los setenta en la Universidad de Illinois donde un grupo de profesores y estudiantes de la Facultad de Ingeniería idearon un sistema de tiempo compartido de uso público denominado PLATO, por sus siglas en español Lógica Programada para Operaciones de Enseñanza Automatizadas (González & Fernández, 2020). Este sistema permitía agregar preguntas para obtener respuestas de algún programador que permaneciera en línea.

Para la década de los ochenta Linux incorpora un software de comandos en línea llamado Talk que permitía el envío de mensajes entre usuarios que iniciaran sesión en el programa (Sánchez, 2020). Estos sistemas abrieron la posibilidad para la eclosión de numerosos sistemas de mensajería instantánea en la primera década del siglo XXI, algunos de los más famosos fueron Windows Messenger con sus diferentes variantes y más adelante Skype. Estos servicios fueron desarrollados por Microsoft (Robles, 2014).

Ahora bien, a partir de la masificación de celulares y la posterior explosión de las aplicaciones móviles, los servicios de mensajería social y chat gratuitos han instaurado una digitalización en el actual marco de las relaciones, al ser una alternativa económica, de fácil acceso y con diversas opciones de interacción que van desde el tradicional texto, hasta los nuevos lenguajes digitales, como los memes, emoticonos, tags, stickers, etc.

El portal de estadísticas de mercado Statista indica que para el año 2020 el número de usuarios de apps de mensajería móvil superó la barrera de los 2.000 millones de usuario, con tendencia al incremento para el 2022 (Statista, 2020); así mismo para el caso particular Colombiano el portal proyecta que el número de usuarios de WhatsApp (uno de los servicios más usados en el país) alcance los 30,01 millones de usuarios para 2025 (Statista, 2021).

A propósito de WhatsApp, la pandemia por Covid-19 supuso un hito en la popularización de esta plataforma en gran medida por la difusión que permitió sobre todo en formato de

audio, teniendo en cuenta que este canal facilitó la circulación rápida de información y lamentablemente también fake news relacionado a la crisis sanitaria (García, 2021); así mismo esta app dio soporte para la educación remota de emergencia como lo evidencian diferentes estudios recientemente publicados (Fernández, 2021; Lima Hallwass & Hessler Bredow, 2021; Romero et al., 2021).

No obstante, con los cambios en la política de privacidad de WhatsApp, algunos competidores consolidados como Telegram o Signal, ganaron usuarios de manera progresiva en el transcurso del 2021; así las cosas y pese a los cambios en los términos de uso de cada proveedor de mensajería instantánea, se ha creado una suerte de necesidad, generando el éxodo a otras opciones, más no el desistimiento a mantenerse conectado.

3. Inmediatez

El término inmediatez hace referencia a lo “que sucede enseguida, sin tardanza” (Trybisz, 2016); podría aquí hacerse referencia también a lo acuñado por Kierkegaard cuando indica que lo inmediato tiene una existencia finita, cuyo destino forzoso es la desaparición, en esta lógica se traduce en instantes fugaces que se devoran rápidamente (Binetti, 2010). Al respecto, Virilio (1997) observó con preocupación como la obsesión esta inmediatez, desencadenaba un tiempo absoluto, sin pasado, ni futuro próximo, en el que la sociedad sucumbía en un eterno presente imperio de la velocidad, donde las tecnologías materializaban la idea del aquí y el ahora como un bien preciado que reduciría el costo que supone la distancia y la espera.

Bauman (2000) por su parte inquieta al indicar que cada vez más “la duración deja de ser un valor y se convierte en defecto. ... pertenencias portátiles y desechables, son los símbolos principales de la época de la instantaneidad”. Este carácter desechable y privilegiado para las cosas ha pasado también a convertirse en valor para las ideas y el pensamiento, no hay espacio, ni tiempo para rumiar la avalancha de información en la que se naufraga.

En consecuencia, y gracias a las tecnologías digitales como tecnologías de la velocidad se ha engendrado un nuevo sujeto, el sujeto disciplinado y encerrado a merced de la rapidez, instantaneidad y exposición. Mallamaci (2020) a propósito añade “Las sociedades telecontroladas explotan la visibilidad de la telepresencia continua. ... se trata de un horizonte de panoptismo que finalmente se traduce en dispositivos algorítmicos de cibercontrol” (p. 261).

Ya no solo se trata entonces de estar conectados de manera ubicua, sino de un modelo de existencia virtual que va de prisa, sin dar espacio a cuestionar el mismo movimiento acelerado. Fácil resulta evitar el desbloqueo de algún dispositivo de forma manual, por la utilización de reconocimiento dactilar, fácil o de voz y así ganar unos cuantos segundos, ignorando el costo que sugiere liberar datos sensibles a las fauces de la red y sus proveedores.

Son cada vez más usadas, y sin mayor raciocinio, aquellas tendencias que surgen y desaparecen en cuestión de horas para dar paso a un centenar más de ellas, sugiriendo el uso de filtros que recogen información facial y del entorno. Estas formas de exposición continua en términos de Han (2014) aluden al panóptico digital, que da una falsa ilusión

de libertad, lo que permite que se alimente de informaciones que se exhiben de manera aparentemente voluntaria.

Así mismo, esta realidad contemporánea, en que el mundo hiperconectado se atraviesa en trayectos de un clic, deja al hombre enfermo de movimiento a la merced del rendimiento, en esta lógica, se explota a sí mismo, desarrollando una autoagresividad que lo convierte en proyectil contra sí mismo. Las notificaciones que bombardean con asuntos por resolver, entregar por hacer y noticias por revisar, hacen pensar y sentir que las cosas suceden y se espera una respuesta u opinión al instante, lo que termina por consolidar una sociedad saturada y exhausta.

4. Los lenguajes de lo inmediato

Con el panorama de infoxicación del siglo XXI, pareciera oportuno un estallido de pánico por el inmediato apocalipsis y la emergencia de la contraconducta en términos de consumo mediático, lo que sugiere volver a las antiguas prácticas de la carta y el periódico que había que esperar hasta la mañana siguiente. No obstante autores como Scolari (2020) invitan a una rendición y adaptación a las maneras y formas contemporáneas propias a la inmediatez.

Si bien es cierto, corto y fugaz no presume ser mediocre o falto de calidad. Los textos cortos no son propios a la nueva ecología de medios, si recordamos los aforismos que bien encajan como tuits en la era digital, están cargados de significados y posibilidades para lo discursivo y también resultan pretexto para pensar lo pensado, y no por ser cortos significan futilidad.

Así mismo Scolari (2020) recalca que los microrelatos expandidos por la red no necesariamente desaparecen, sino que se transforman, incuban nuevos microtextos que también aspiran a la replicación, así pues el “Homosapiens coevoluciona con las bacterias textuales y, a su manera, ósea a los tumbos, va aprendiendo a lidiar con realidades textuales cada vez más complejas y agresivas” (p.169).

Ejemplo de los microrelatos, son los memes, que como lo menciona Carrion (2020) son un elemento cultural que trascienden la moral y la estética para cargarse de emoción, intuición y fe; permeados por la religión, la política, la ética componen un elemento narrativo que apela al carácter violento, sexual o religioso para expandirse, competir con otros y transformarse hasta viralizarse.

Otro ejemplar comunicativo de la era digital es el emoji, este como representación gráfica hace alusión a emociones, lugares, objetos, personas etc, y es acreedor de sentido pues su utilización en conversaciones digitales representa ideas que a su vez generan otras. Posee diversas funcionalidades dentro del dialogo digital que diferentes estudios han caracterizado. Sampietro (2016) añade que el emoji tiene un uso icónico-metafórico, un uso pragmático y un uso interaccional, el primero lo relaciona como mecanismo de sustitución o repetición; el segundo denota atenuación o intensificación y el uso interaccional es claro en la regulación de los intercambios conversacionales (para determinar el cierre de la idea y apertura a la respuesta).

De esta manera nuevos lenguajes han emergido como posibilidad de intercambio rápido, efectivo y concreto ante la aceleración que supone lo contemporáneo. Así las cosas, poco a poco van ganando terreno pasando de lo netamente informal a escenarios como el publicitario y el educativo, como recursos didácticos y objetos de estudio (Roman, 2021).

Este fenómeno comunicativo que se materializa en medio de una sociedad expuesta a la fugacidad, miniaturización, fragmentación e infoxicación, según Scolari (2020) es el caldo de cultivo para hablar de una nueva cultura, que emerge en una sociedad líquida y que otras han llamado gaseosa, se trata de la cultura snack. Esta cultura que elogia lo breve y que consume información a pequeños bocados, pero de manera constante.

Se trata de la preferencia por piezas pequeñas; que no es un interés netamente contemporáneo pues históricamente se conoce el gusto por los aforismos y el haiku, sin embargo en la dinámica digital actual, han colonizado la manera en que la información se moviliza, a través de infografías, imágenes interactivas, cortometrajes, tiktoks, memes, emojis, etc, haciendo que los sujetos continuamente consuman pequeños pedazos de información para conformar un todo o piquen allí y allá sin presunción de especialidad.

5. Perspectiva Metodológica

La investigación tuvo un enfoque exploratorio (González & Fahara, 2018), para el cual se utilizó un muestreo de tipo teórico o conceptual (Sampieri, 2010). Se seleccionaron 174 estudiantes de la facultad de educación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia cuyo perfil similar fuera estar cursando la asignatura TIC y Ambientes de Aprendizaje (asignatura interdisciplinar de la Facultad de Educación) en la cual se aborda la temática de “Transformación de la sociedad a partir de las TIC”. Antes de su vinculación al estudio, los estudiantes participantes fueron informados del tratamiento que tendrían los datos y las pautas éticas de procedimiento.

El instrumento utilizado fue diseñado por las investigadoras y fue resultado de un pilotaje que permitió reformular preguntas y agregar cuestionamientos nuevos para ampliar el espectro de análisis. El cuestionario contó con 6 preguntas de escala de Likert, 1 pregunta de calificación o ranking 7 y preguntas de selección múltiple. Se indagó por categorías como la espera, los servicios de mensajería instantánea, lenguajes de comunicación y prácticas de uso.

Para efectos de estimar la fiabilidad del instrumento se aplicó el Alfa de Cronbach, obteniendo una puntuación de 0,711; que según el baremo propuesto por Ruiz-Bolivar (2013) corresponde a fiabilidad alta; que sería suficiente por cuanto el estudio no pretende comparar instrumentos (Rodríguez & Álvarez, 2020). La validez de contenido se obtuvo mediante revisión de pares evaluadores, cuyo criterio de selección fue el conocimiento sobre la temática y productividad académica relacionada al análisis de la implicación sujeto-tecnología. Se aplicaron análisis de frecuencias, porcentajes y tablas cruzadas; este proceso fue mediado por el software de análisis estadístico IBM® SPSS Statistics versión 25. La siguiente tabla muestran la relación de sujetos participantes del estudio discriminados por género y grupo etario (Tabla 1).

		Rango de Edad				Total
		16 a 19 años	20 a 23 años	24 a 27 años	28 o más años	
Genero	Femenino	33	52	7	2	94
	Masculino	20	41	16	3	80
Total		53	93	23	5	174

Tabla 1 – Perfil etario de los participantes

6. Resultados y Discusión

Para contextualizar el estudio en términos de uso de servicios de mensajería instantánea, la encuesta reportó que el 97,7% (f=170) maneja WhatsApp. Las opciones de respuesta del instrumento incluían además Telegram (f=2), Facebook Messenger (f=1), Hangouts (f=0), Line (f=0) y otro (f=1), producto del ejercicio de pilotaje.

Al indagar por la pérdida de la espera a causa del uso de la comunicación instantánea, se encuentra que cerca de la mitad de los encuestados se encuentran de acuerdo (f=89; 51%), sin embargo, hay un porcentaje nada despreciable de indecisos ante el cuestionamiento nada despreciable (f=46; 26,4%), y porcentajes bajos para posiciones en desacuerdo. En cuanto al aumento de la mensajería instantánea en tiempo de pandemia a causa del covid-19, la mayoría se encuentra totalmente de acuerdo (f=131; 75,3%). Estos datos concuerdan con lo expresado por Carrion (2020) en su texto *Lo viral*, en el que al respecto de la vida en Pandemia indica:

Porque la gestualidad que predomina en estos días tan raros es la de los dispositivos: abrir el navegador, grabar audios, señalar que te gusta, teclear, retuitear o reenviar, hacer fotos, subir, postear, responder con emoticonos, descargar. Es una gestualidad silenciosa, constante, que no cesa desde que te levantas hasta que te acuestas. Una gestualidad que hasta el final del invierno ocupaba buena parte de tu jornada y ahora - sobre todo si no tienes hijos - la ocupa casi toda. (p. 61)

Ahora bien, las preguntas 1 y 2, expuestos en la tabla 2, permiten reconocer una percepción de aumento en el uso de servicios de mensajería instantánea debido a las condiciones de aislamiento y además una relación entre el uso de estas y la pérdida de la espera, sugiriendo acuerdo con los postulados de Han (2014) que afirma que el sujeto contemporáneo como cazador -de información- vive al acecho sin posibilidad de espera, requiere “realimentación”, “respuesta” pronta.

El cuestionamiento 3 se suma a esta percepción de agite y ansiedad. El 38% de los estudiantes participantes del estudio afirma que ocasionalmente se desespera al no tener respuesta inmediata a través de los canales de mensajería instantánea, mientras el 13,2% lo percibe de manera frecuente y el 2,9% muy frecuentemente. No obstante, el 38,5% considera que raramente le acontece esta situación y solo el 6,9% considera que nunca se estresa ante una respuesta tardía. Este reporte permite evidenciar que la mayoría de la muestra en algún momento, unos con mayor o menor frecuencia han experimentado esta sensación de desespero.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indeciso	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
¿Considera que la instantaneidad de las comunicaciones ha provocado la pérdida de la espera en el ser humano?	2 (1,1%)	5 (2,9%)	46 (26,4%)	89 (51,1%)	32 (18,4%)
¿Cree que en pandemia se aumentó el uso de la mensajería instantánea?	1 (0,6%)	0	2 (1,1%)	40 (23%)	131(75,3%)
	Nunca	Raramente	Ocasionalmente	Frecuentemente	Muy frecuentemente
¿Al enviar un mensaje por aplicaciones de mensajería instantánea, si no tiene una respuesta inmediata se desespera o se estresa?	12 (6,9%)	67 (38,5%)	67(38,5)	23 (13,2%)	5 (2,9%)
¿Para escuchar los mensajes de voz utiliza la opción que permite acelerar la velocidad de reproducción del mensaje?	49 (28,2%)	42 (24,1%)	49 (28,2%)	18 (10,3%)	16 (9,2%)
¿Cuando envía mensajes textuales por mensajería instantánea se toma el tiempo para revisar que estén bien redactados y con ortografía?	1(0,6%)	6 (3,4)	28(16,1%)	75(43,1%)	64(36,8%)
¿En una reunión presencial pierde el interés y atención por revisar frecuentemente los mensajes en su celular?	7 (4%)	68(39,1%)	54 (31%)	30 (17,2)	15 (8,6%)

Tabla 2 – Preguntas del instrumento

Las preguntas 4 y 5 que indagan por prácticas de uso en relación con el tiempo, permiten evidenciar que la aceleración de la velocidad de los mensajes es una práctica que, aunque no es del todo ejecutada tiene incidencia en gran parte de los estudiantes encuestados. Sin embargo, cuando se pregunta por pautas ortotipográficas en la mensajería escrita la mayoría alude tener precaución en el envío, cuestión que se puede explicar por el contexto académico en el que se desenvuelven y la influencia que puede ejercer cursar una Licenciatura.

Para la pregunta ¿En una reunión presencial pierde el interés y atención por revisar frecuentemente los mensajes en su celular? Se encontró que es muy frecuente que le suceda a un 8,6%; frecuentemente le acontece a un 17%; ocasionalmente a un 31%, raramente lo reporta un 39% de la muestra y un 4% alude nunca perder la atención a causa de la revisión de su smartphone.

Este dato permite asociar el uso de la mensajería instantánea con un elemento distractor por la cantidad de contactos que pueda tener el usuario y la variedad de información que puede circular por este canal (gran parte de ella contenido snack) además de la revisión de estados como forma de mantener información de otros. Estas prácticas pueden mutar de un simple distractor a un factor de dependencia o adicción (Cervantes & Alvites-Huamaní, 2021).

Por otra parte se indaga por la manera predilecta de comunicación entre las que se encontraba como opciones el diálogo presencial, llamadas telefónicas, mensajería instantánea y correo electrónico y se contrastó con la pregunta sobre la frecuencia con la cual revisa las aplicaciones de mensajería instantánea, encontrando que persiste el gusto por diálogo presencial, no obstante la mensajería instantánea tiene un número considerable de adeptos y la mayoría de ellos considera revisa con frecuencia su celular para cerciorarse de no tener mensajes sin leer. De 1 a 15 minutos ($f=25$); de 30 a 60 minutos ($f=23$).

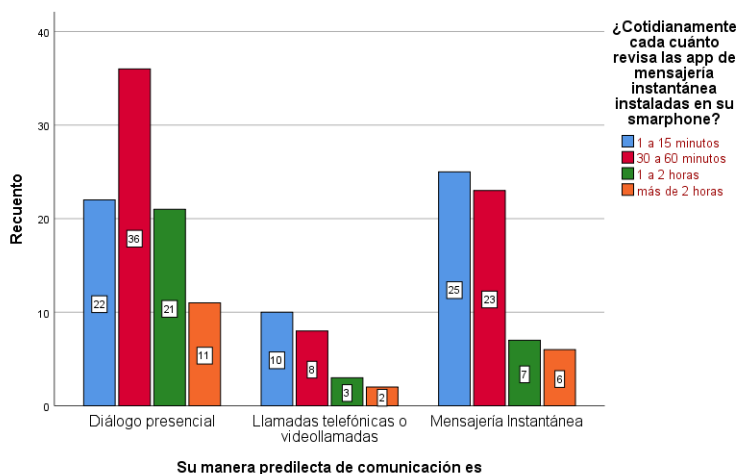


Figura 1 – Manera predilecta de comunicación y frecuencia de revisión de la mensajería instantánea

Esta tendencia de revisión continua denota que la población es proclive al FOMO - Fear of missing out (Síndrome de miedo a perder contacto), que es este malestar psicológico que se torna en ansiedad por aquello que están perdiendo al no estar conectado. Estudios previos coinciden en las consecuencias de este síndrome que van desde pérdida de la calidad del sueño hasta insatisfacción por la vida (Díaz, 2021; Soriano Sánchez, 2022; Díaz & Londoño, 2022; Qutishat et al., 2022), lo que concuerda con desarrollos biotecnológicos que alertan sobre los medios digitales como medios y formas de afectar los cuerpos (Mathias, 2022).

Ahora bien, ante la diversidad de lenguajes propios a la contemporaneidad se preguntó por el predilecto en la mensajería instantánea el primer lugar es ocupado por el texto, segundo lugar voz, tercer lugar emoticones y stickers y el cuarto lugar lo ocupan los memes. Llama la atención el caso de los emoticones y stickers que, aunque no son utilizados en primera instancia por la mayoría, reporta una acogida notoria cercana a la mensajería por voz.

Tipo de lenguaje predilecto en la mensajería instantánea (puntuarla)

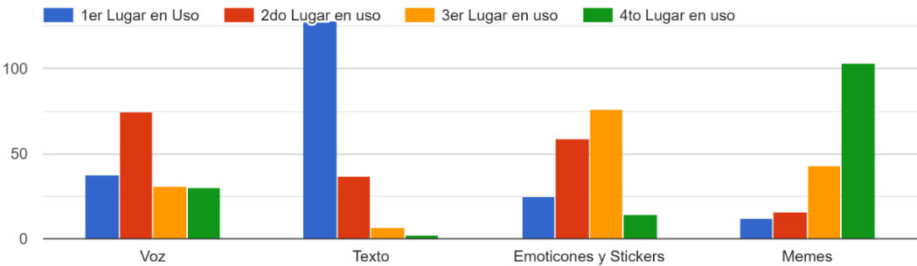


Figura 2 – Uso de lenguajes en la mensajería instantánea

Con más de mil emojis disponibles en WhatsApp, estos símbolos han aparecido como aporte a la comunicación digital gracias a su rapidez y a la cantidad de información que puede transmitir una abreviatura como esta. La cultura snack apasionada por los pequeños formatos, hace del emoji uno de sus mejores exponentes.

De otra parte, los estudiantes encuestados reportan que ante información textual extensa que reciben por mensajería instantánea su acción más frecuente es leerla de manera completa (69,54%); leer la primera parte (23,56%) e ignorarla (6,90%). Este dato demuestra que si bien el sujeto se encuentra ante la eclosión de la cultura snack donde circula información como pequeños aperitivos (Scolari, 2020) la información extensa, no es ignorada o al menos no por la mayoría.

No obstante, llama la atención el 23,56% que solo lee la primera parte quizá ya seducidos por piezas textuales breves: clips, tiktoks, cápsulas informativas, memes, sneakpeaks y demás micro-especies narrativas que van moldeando la idea de cuanto más corto y conciso, mejor. Scolari (2020) indica que, si las narrativas extensas y densas aburren, comunicar poco requiere tomar la decisión de qué decir, cómo decirlo y qué información es mejor suprimir, en una suerte de economía de los códigos -ya no solo de palabras-, pues finalmente “Un mensaje de WhatsApp, una microficción, un videoclip o un spoiler pueden revelar conexiones ocultas y decir mucho de fenómenos muy grandes. El aleteo de un tuit en la red puede provocar un tornado en el Nasdaq” (p.16).

El mundo de los formatos breves es tan diverso y adaptable a diversos campos, que pueden ser el aliciente para la comunicación de una sociedad acelerada y agotada, que no puede detenerse al tecleo frenético de palabras y en cambio elige enviar o reenviar cortas cadenas de emojis o memes que mantengan las interacciones en medio del malestar y caos de la era contemporánea.

En caso de recibir información extensa de manera textual, a través de un canal de mensajería instantánea, su acción más frecuente es:

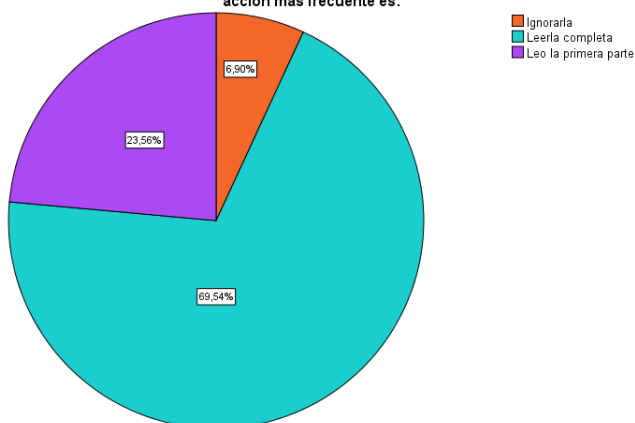


Figura 3 – Acción ante información extensa en la mensajería instantánea

7. Conclusiones

Se encuentran que los estudiantes encuestados, aunque inmersos en las lógicas contemporáneas de nuevas formas y lenguajes, no perciben en su experiencia una clara infoxicación, ni agobio por las dinámicas que sugieren corto tiempo de respuesta, aunque concuerdan en que el escenario de pandemia aumentó el uso de servicios de mensajería instantánea y este a su vez es un dispositivo que conduce a la pérdida de la espera.

Perder la atención en una reunión presencial por revisar con frecuencia los canales de mensajería instantánea es una situación que experimentan la muestra encuestada con algún grado de periodicidad, solo el 4% alude nunca distraerse por esta razón en el dialogo presencial; esto anudo a la revisión constante de mensajes deja claro que aunque no se enmarcan en casos claros de dependencia, si tienen comportamientos predictores para el desarrollo de una adicción relacionada con el uso del celular.

El uso de lenguajes como los emoticones, stickers o memes, aunque no superan la supremacía del texto, denotan familiaridad con estas alternativas, teniendo en cuenta que la población que interesó el estudio hace parte de un grupo etario entre los 16 y 30 años, es decir que han crecido utilizando la lengua particular de lo digital.

El estudio encuentra que, aunque a la población objeto le sigue interesando los textos extensos, en específico los que circular por WhatsApp (red social predilecta) hay una fracción que lee solo la primera parte y otros que las ignoran; este nicho puede engendrar o componer la cultura snack, amante de los microrrelatos, que no pretenden sesiones prolongadas alrededor de un libro o texto, sino una suerte de pequeñas “meriendas” informativas y de conocimiento a través de fragmentos cortos.

El estudio invita a profundizar en los formatos cortos y en la posibilidad de otras lecturas, que permitan comprender el escenario comunicativo actual, y los significados y sentidos que los sujetos les otorgan; además de la relación que puede existir entre la masificación de contenidos pequeños, fragmentados e iconográficos en el aumento de patologías relacionadas con lo digital.

Referencias

- Binetti, M. J. (2010). El estadio estético de Kierkegaard en las categorías lógicas de Hegel: Inmediatez, reflexión y posibilidad formal. *Enfoques*, XXII(1), 31-51.
- Han, B. (2014). *En el enjambre*. Herder.
- Carrion, J. (2020). *Lo Viral*. Galaxia Gutenberg.
- Cervantes, C., & Alvites-Huamani, C. (2021). WhatsApp como recurso educativo y tecnológico en la educación. *HAMUT'AY*, 8(2), 69. <https://doi.org/10.21503/hamu.v8i2.2294>
- Diago, E. R. (2002). *El hombre que quería escribir una carta*. Editorial Norma.
- Díaz, J. S. R., & Londoño, J. J. Y. (2022). Panorama de riesgos por el uso de la tecnología en América Latina. *Trilogía: Ciencia Tecnología Sociedad*, 14(26 (Enero-Abril)). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8388899>
- Domènech, J. M. C. (2019). Formas de aparición. La carta fílmica como enigma. *Área Abierta*, 19(3), 267-286. <https://doi.org/10.5209/arab.61942>
- Fernández, M. O. G. (2021). La capacitación docente para una educación remota de emergencia por la pandemia de la COVID-19. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 19, 81-102.
- García, D. (2021). El whatsapp de odiseo. Potencial desinformativo y estrategias retóricas del audio fake. En *Manual de periodismo y verificación de noticias en la era de las fake news* (pp. 99-132). UNED. <https://doi.org/10.5944/m.periodismo.verificacion.2021>
- Gascón, J. F. F. i, Pascual, J. M., Bernal, P. M., & López, M. P. (2019). Usos del WhatsApp en el estudiante universitario español. Pros y contras. *Revista Latina de Comunicación Social*, 74, 46.

- González Álvarez, P., & Fernández García (advisor), N. (2020). *Envío seguro de información a través de aplicaciones de mensajería móvil* [Working Paper]. Centro Universitario de la Defensa de Marín. <http://calderon.cud.uvigo.es/handle/123456789/373>
- González, J. R. V., & Fahara, M. F. (2018). *Fundamentos de investigación educativa. Volumen 2 y 3*. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Hernández, R. J. A., Islas, A. C., Otero, M. E. P., & Velázquez, J. G. F. (2021). La mensajería instantánea como ecosistema mediático bajo el modelo Innis. Un análisis de su impacto social y tecnológico. *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 21(3), 34-48.
- Kelly, S. E. (2012). *Examining the Role of Perceived Immediacy as a Mediator: Revisiting the Relationships among Immediate Behaviors, Liking, and Disclosure* [PhD diss.]. University of Tennessee.
- Krasniqi, F. (2014). *La carta literaria: Historia y formas*. Editorial de la Universidad de Granada.
- Lima Hallwass, L. C., & Hessler Bredow, V. (2021). WhatsApp como ambiente de interação social e aprendizagens durante o ensino remoto emergencial | Hallwass | Revista Educação e Emancipação. *Revista Educação e Emancipação*, 14(2), 62-83.
- Mallamaci, M. G. (2020). Conectados, demasiado conectados. Poder, técnica y virtualización desde el pensamiento de Paul Virilio. *Revista de Filosofía*, 45(2), 247.
- Mathias, L. G. de O., Helena; Palomino Forero, Jorge Alberto; Gutiérrez Castañeda, David; Bermejo Camacho, Catherine; Torres Cruz, César; Vacarezza, Nayla Luz; Salazar Vélez, Adriana; Klitgård. (2022). *Lecturas interdisciplinarias de los cuerpos: Discursos, emociones y afectos*. Universidad Central.
- Qutishat, M. G., Al Dameery, Q., Al Omari, O., & Al Qadire, M. (2022). Correlation between Fear of Missing out and Night Eating Syndrome among University Students—ProQuest. *Iran J Psychiatry*, 17(2). <https://www.proquest.com/openview/b8bo2e5e3d240e2a15568c3ebd3a588b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=105762>
- Robles, F. J. M. (2014). *Servicios de Red e Internet*. Grupo Editorial RA-MA.
- Rodríguez, J. R., & Alvarez, M. R. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: El coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE: revista d'innovació i recerca en educació*, 13(2), 8.
- Roman, R. M. (2021). *Los emoticonos como código de mediación entre lenguas y emociones: Su papel en la L2*. Dykinson. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8265939>
- Romero, C., Krichesky, G., & Zacarías, N. (2021). “Escuelas WhatsApp y Escuelas Zoom” Desigualdad y segregación educativa durante la pandemia Covid 19 en Argentina. En *School of Government Working Papers* (wp_gob_2021_10; School of Government Working Papers). Universidad Torcuato Di Tella. https://ideas.repec.org/p/udt/wpecon/wp_gob_2021_10.html

- Ruiz-Bolivar, C. (2013). *Instrumentos y Tecnicas de Investigación Educativa*. https://www.academia.edu/37886948/Instrumentos_y_Tecnicas_de_Investigaci%C3%B3n_Educativa_Carlos_Ruiz_Bolivar_pdf
- Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta Edición). McGRAW-HILL.
- Sampietro, A. (2016). *Emoticonos y emojis. Análisis de su historia, difusión y uso en la comunicación digital actual* [Tesis doctoral].
- Sánchez, R. (2019). La imagen circulante del rey: El sello postal y las representaciones visuales de la nación en España (1849-1882). *Hispania*, 79(262), 443-470. <https://doi.org/10.3989/hispania.2019.013>
- Sánchez, Sofia. (2020). *Sistema Seguro de Mensajería Instantánea Certificada* [Tesis de pregrado]. Escuela Técnica Superior de Ingenieros informáticos.
- Scolari, C. (2020). *Cultura Snack: Lo bueno si breve...* (1a ed.). la marca editora.
- Soriano Sánchez, J. G. (2022). Factores psicológicos y consecuencias del Síndrome Fear of Missing Out: Una Revisión Sistemática. *Revista de Psicología y Educación - Journal of Psychology and Education*, 17, 69. <https://doi.org/10.23923/rpye2022.01.217>
- Statista. (2020). *Apps de mensajería instantánea: Usuarios mundiales 2014-2022*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/638221/numero-mundial-de-usuarios-de-apps-de-mensajeria-movil/>
- Statista. (2021). *Whatsapp users in Colombia 2025*. Statista. <https://www.statista.com/forecasts/1146311/whatsapp-users-in-colombia>
- Trybisz, M. (2016). Los adjetivos de inmediatez temporal en español y sus equivalentes en polaco. *Itinerarios. Revista de estudios lingüísticos, literarios, históricos y antropológicos*, 23.
- Virilio, P. (1997). *El ciber mundo la política de lo peor*. Ediciones Catedra S.A.

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 2022 <http://www.risti.xyz>

