ISSN: 1646-9895

risti

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

Janeiro 20 • January 20



©AISTI 2020 http://www.aisti.eu

Nº E25

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

Edição / Edition
N.º E25, 01/2020

ISSN: 1646-9895

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

Propriedade e Publicação / Ownership and Publication
AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal
E-mail: aistic@gmail.com
Web: http://www.aisti.eu

Director
Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators
Paúl Francisco Baldeón Egas, Universidad Tecnológica Israel, EC
Grisel Pérez Falco, Universidad Tecnológica Israel, EC
Patricia Alexandra Albuja Mariño, Universidad Tecnológica Israel, EC
Renato Mauricio Toasa Guachi, Universidad Tecnológica Israel, EC
María Gabriela Chávez Mosquera, Universidad Tecnológica Israel, EC
Rosario del Cármen Coral Herrera, Universidad Tecnológica Israel, EC
Ana Lucia Tulcán Pastás, Universidad Tecnológica Israel, EC
Marcela Rocío Córdova Alulema, Universidad Tecnológica Israel, EC
Julio César Arboleda, Dirección Científica Redipe, EC

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

Conselho Científico / Scientific Board
Agustín de La Herrán Gascón, Universidad Autónoma de Madrid, ES
Alonso Estrada Cuzcano, Universidad Mayor de San Marcos, PE
Álvaro Jiménez Sánchez, Universidad Técnica de Ambato, EC
Ana Lucia Tulcán Pastás, Universidad Tecnológica Israel, EC
Antonio Luis Terrones Rodríguez, ES
Antonio Mantinez Puche, Universidad de Alicante, ES
Armando Valdés-Zamora, Université Paris Est-Créteil (UPEC), FR
Carlos Arboleda A., Southern Connecticut State University, US
Carmen Romero, Tecnológico de Antioquia-Institución Universitaria, CO
Christian Carvajal, Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), AR
Cristian Mauricio Gallardo, Universidad Politécnica de Tomsk (TPU), RU

Daniel Díez Santo, Universidad de Alicante, ES
Eduardo José Albert Santos, Universidad de las Artes, EC
Efrain Becerra Paguay, Universidad Central del Ecuador, EC
Enrique Vinicio Carrera, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), EC
Erika Sofía Escobar Redín, Universidad Tecnológica Israel, EC
Ernesto Venancio Fernández Rivero, Universidad Tecnológica Israel, EC
Fernando A. Chicaiza, Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), AR
Fidel David Parra Balza, Universidad Tecnológica Israel, EC
Francisco Parra, Universidad del Zulia, VE
Gleidys Garcia, Universidad del Zulia, VE
Gloria Peña, Pontificia Universidad Católica del EC
Grisel Pérez Falco, Universidad Tecnológica Israel, EC
Ivonne Dayanira Pérez Acosta, Universidad Tecnológica Israel, EC
Janio Jadan Guerrero, Universidad de Costa Rica (UCR), CR
Joe Luis Carrión Jumbo, Israel University of Technology, EC
José Fernando Viera, Universidad de Alicante, ES
José Manuel Touriñán, Coordinador Red Internacional de Pedagogía Mesoaxiológica, Ripeme- Redipe, EC
José María Lavín de la Cavada, Centro Universitario CESINE, ES
Juan Fidel Cornejo Álvarez, Universidad de Guadalajara, MX
Judith Sanchez, Universidad Dr. Rafael Balloso Chacín, VE
Julio César Arboleda, Dirección científica Redipe, EC
Julio César Domínguez Maldonado, Universidad Católica del Maule, CL
Lena Ivannova Ruiz Rojas, Universidad de las Americas, EC
Luis Montiel, Universidad Dr. Rafael Balloso Chacín, VE
Manuel Joaquín Salamanca López, Coordinador Ridectei, investigador Universidad Complutense de Madrid, ES
Marcela Rocío Córdova Alulema, Universidad Tecnológica Israel, EC
Marco Antonio Rojo Gutiérrez, Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI, México), MX
María Emanuel Melo de Almeida, Centro de Estudios de las Migraciones y Relaciones Intercultura- les de la Universidad Aberta, PT
María Gabriela Chávez Mosquera, Universidad Tecnológica Israel, EC
Mario González Rodríguez, Universidad de las Américas (UDLA), EC

Marisa da Silva Maximiano, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Melanio Alfredo González Morales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, EC
Mercedes Delgado, Universidad del Zulia, VE
MIguel Ángel Aizaga Villate, Universidad Tecnológica Israel, EC
Millard Kliomar. Escalona Hernández, Universidad Tecnológica Israel, EC
Nayade Vanessa Domenech Polo, Universidad Tecnológica Israel, EC
Norma Molina Prendes, Universidad Tecnológica Israel, EC
Oscar Alberto Pérez Peña, Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), EC
Patricia Acosta-Vargas, Universidad de las Américas (UDLA), EC
Patricia Alexandra Albuja Mariño, Universidad Tecnológica Israel, EC
Paúl Francisco Baldeón Egas, Universidad Tecnológica Israel, EC
Paúl Rodríguez Muñoz, Universidad San Francisco de Quito (USFQ), EC
Pedro Ortega Ruiz, Coordinador Red Internacional de Pedagogía de la alteridad (Ripal-Redipe), EC
Pedro Romero, Miami Dade College, US
Raisa Araminta Torres Ruiz, Universidad Iberoamericana del Ecuador, EC
Renato Mauricio Toasa Guachi, Universidad Tecnológica Israel, EC
René Ceferino Cortijo Jacomino, Universidad Tecnológica Israel, EC
Rosalva Rojas, Universidad del Zulia, VE
Rosario del Cármen Coral Herrera, Universidad Tecnológica Israel, EC
Salvador Ponce Ceballos, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Stalin Efren Arguello Erazo, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, EC
Teresita de Jesús Gallardo López, Escuela Politécnica Nacional, EC
Victo Hugo Andaluz Ortiz, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), EC
Víctor Manuel Albán Vallejo, ESPOCH-FADE, EC
Víctor Hugo Guachimbosa Villalba, Universidad Técnica de Ambato, EC
Washington X. Quevedo, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), EC
Xavier Santiago Jiménez López, Universidad de las Américas, EC
Yaimara Peñate Santana, Universidad Estatal de Guayaquil, EC
Yurima Calero Balmaseda, Universidad de La Habana, CU

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

Recebido/Submission: 25/07/2019
Aceitação/Acceptance: 19/10/2019

Editorial

Apropiación, Generación y Uso Edificador del Conocimiento en las Ciencias de la Ingeniería

Appropriation, Generation and Building Use of Knowledge in Engineering Sciences

Paúl Francisco Baldeón Egas[1]

pbaldeon@uisrael.edu.ec

[1] Director de la Gestión Integral de las Funciones Sustantivas. Universidad Tecnológica Israel. Quito, Ecuador.

Pages: v–vi

Las Ciencias de la Ingeniería han tenido un avance significativo en la actualidad, donde dos áreas importantes que han evolucionado son Sistemas de Información y la Electrónica Digital y Telecomunicaciones, basados en ellas importantes investigaciones a nivel nacional y mundial. Las evoluciones de las investigaciones en su gran mayoría están basadas en el mejoramiento de procesos que emplean las instituciones como una estrategia, para conservar el conocimiento clave y emplearlo en pro de los seres humanos.

Los avances vertiginosos en Sistemas de Información se basan en campos como: Inteligencia Artificial, TIC para la Educación, Industria 4.0, Tecnologías para la sociedad y Ciberseguridad; en la Electrónica Digital y Telecomunicaciones en los campos de: Comunicaciones, Ciencia, Tecnología e Innovación, Electrónica, Automatización y Control, entre otros.

Este número especial de la Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI) se presenta en este contexto, donde se presentan en la segunda parte artículos enviados para el número regular 35 de RISTI y aún, en la primera parte, propuestas investigativas innovadoras que fueron aceptadas para su presentación y publicación en el VIII Simposio Internacional Apropiación, Generación y Uso Edificador del Conocimiento en las Ciencias de la Ingeniería (SIAGUEC 2019), donde cuenta con el aval y la organización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL) y la Red

Iberoamericana de Pedagogía (Redipe), que tuvo lugar en Quito – Pichincha, Ecuador, el 21 y 22 de noviembre de 2019 en el campus centro de la UISRAEL.

El SIAGUEC 2019 contó con la participación de conferencistas de varios países como: España, Argentina, Chile, Colombia, México, Venezuela, Cuba y Ecuador Este simposio tiene como propósito generar un espacio de intercambio entre profesores, investigadores, directivos y otros agentes educativos y organizacionales, que indagan y participan activamente en la generación de espacios más humanos, para la vida desde los ámbitos de la educación y pedagogía, y ciencias de la ingeniería, entre otros ejes temáticos de los diversos niveles y áreas de formación académica científica.

Se contó con la recepción de 48 artículos de Ciencias de la Ingeniería, donde se realizó un proceso de revisión por pares, utilizando el método doble ciego nacional e internacional, participando en esta evaluación de artículos reconocidos investigadores de Estados Unidos, Venezuela, Colombia, Portugal, Costa Rica, Rusia, Argentina y Ecuador De los cuales finalmente fueron aceptados 17 artículos, con una tasa de aceptación del 38%.

Por parte de la UISRAEL y Redipe, agradecemos a todos aquellos que contribuyeron para el desarrollo exitoso del VIII SIAGUEC 2019, y de manera especial a todos los autores que confiaron en la organización y presentaron artículos que demuestran un nivel de calidad en el ámbito investigativo, y que serán publicados en este número especial de la Revista RISTI.

Atentamente,

Paúl Francisco Baldeón Egas

Índice / Index

EDITORIAL

Apropiación, Generación y Uso Edificador del Conocimiento en las Ciencias de la Ingeniería v
Paúl Francisco Baldeón Egas

ARTIGOS / ARTICLES

Análisis de los parámetros teóricos de las señales de RF con el uso de SDR (HackRF One) 1
Millard Escalona, René Cortijo, Nayade Domeneche, Fidel Parra

Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Eje Residencial, Comercial y Público en el Ecuador 16
Maryory Urdaneta

Reclutamiento y selección de talento humano basado en Competencias para proyectos tecnológicos, caso práctico proyecto CIV 31
Patricio Coba, Joe Carrión, Mario Pérez, Fausto Ibarra

Modelo de influencia del ángulo de incidencia en paredes y rendimiento de comunicaciones IEEE 802.11g 47
Maryoribel Reañez., Fidel Parra, René Cortijo, Millard Escalona.

Minería de datos con R para información académica en Instituciones de Educación Superior 63
Henry Recalde, Paúl Francisco Baldeón Egas, Miguel Alfredo Gaibor Saltos, Renato M. Toasa

Metodología de enseñanza y aprendizaje en tecnologías de Cloud Computing: Un estudio de caso en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte 72
Ana C. Ramírez-Recalde, Ana C. Umaquinga-Criollo, Edgar A. Maya-Olalla, Carlos A. Vásquez

Marco legal de la educación virtual a distancia hacia su implementación en el contexto latinoamericano 87
Roger Freire Avilés, Néstor Vera Lucio, Judith Díaz Nava

Innovación para el fortalecimiento de capacidades sobre sostenibilidad de los recursos naturales en poblaciones indígenas y mestizas – colonas: Reserva de Biosfera Yasuní 103
Marco Heredia, Carlos Bravo, Bolier Torres, Reinaldo Alemán

Implementación de una antena PIFA multibanda a 1.7 GHz y 2.1 GHz, para un laboratorio de bajo costo de microondas y antenas 117
Edgar E. González, Wilson H. Anrango, Jorge L. Lara

Fabricación de un acoplador direccional de tres secciones para uso en un laboratorio de bajo costo 131
Flavio Morales, Fernando Tipán, David Cando, Renato M. Toasa

Evaluación de Técnicas de Extracción de Características Orientado a la Clasificación de Señales Sísmico-volcánicas del Volcán Nevado del Ruiz 147
Yoiner Erazo Bravo, Edison Rosero Narváez, Paola Castro Cabrera, John Londoño Bonilla, Diego Peluffo Ordoñez

Evaluación de alternativas para uso de recursos públicos en emergencias mayores usando proceso jerárquico analítico (AHP): caso de estudio Cantón de Ambato 159
Rommel Velastegui, Cesar Rosero, Carlos Sánchez, John Reyes

Estudio del uso de apps en las actividades agrícolas de las pequeñas unidades productivas en el sector de Milagro – Ecuador 173
Roger Freire Avilés, Wilson Romero, Galo Almeida Loor, Judith Díaz Nava

Educar en el contexto digital: el reto de ser edutuber 188
López José Luis, Maza-Córdova Jorge, Tusa Fernanda

Desarrollo de un prototipo para medición de signos vitales de adultos mayores que utilizan prótesis de miembro inferior 201
Francisco Jurado, Erika Escobar, Mario Basurto, Alex Sanchez

Cálculo analítico de los parámetros eléctricos de una micro-coplanar stripline con un dieléctrico y un plano a tierra para el caso estático 213
Nayade Domeneche, Millard Escalona, René Cortijo, Fidel Parra

Análisis y corrección de la postura empleando la tecnología de la cámara KINECT 227
Wilmer Albarracín, Francisco Jurado, Luis Chuquitarco, Iveth Carolina Proaño

Estrategia de los Mapas Mentales Armónicos (MMA) para la Comprensión y Producción de textos narrativos en estudiantes universitarios 237
Pedro Félix Novoa Castillo, Juan Carlos Palomino Paredes, Luzmila Lourdes Garro Aburto

Diseño e Implementación de un Prototipo que Permita Evaluar la Actividad Ansiolítica en Ratones de Laboratorio (*Mus musculus*) Mediante la Prueba de Campo Abierto Usando Procesamiento de Imágenes. 261
Juan José Pazmiño, David Moreno, Mónica Zabala, Gisela Pilco, Jorge Tuapanta

Diseño de un Sistema Difuso para la Detección y Ubicación de Fugas en Tuberías Horizontales 277
July Andrea Gómez Camperos, Fernando Jesús Regino Ubarnes, Edwin Edgardo Espinel Blanco

¿Barreras o contexto educativo? Diferentes factores que restringen en el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) 291
Carolina Tapia Cortes, Sergio Augusto Cardona Torres

Modelo de costeo basado en tiempo invertido por actividad para servicios tecnológicos en Instituciones de Educación Superior: Un estudio de caso 308
Rosana Valdivieso-Donoso, Fabián Ayabaca, Lorena Siguenza-Guzman

Gestión del conocimiento en las Pymes del sector industrial de Ecuador 322
Laura Magali - Chamba Rueda, Mariuxi-Pardo Cueva, Reinaldo Armas

Relación entre Gestión del Conocimiento y Calidad en las empresas del sector industrial de Ecuador..... 336
Laura Magali - Chamba Rueda, Mariuxi-Pardo Cueva, Ángel Higuerey Gómez, Jaime Efrén Chillogallo Ordoñez

Propuesta de un marco de trabajo para la Identificación y Selección de algoritmos y herramientas de Minería de Procesos orientado a las organizaciones de desarrollo de software..... 348
Silvia Jaqueline Urrea-Contreras, Brenda Leticia Flores-Rios, María Angélica Astorga-Vargas, Jorge Eduardo Ibarra-Esquer, Félix Fernando González-Navarro, Paola E. Velazquez-Solis, Sandra L. Buitrón Ruiz, Carlos A. Ardila Albarracín

Propuesta de un sistema de evasión de obstáculos para un drone aplicado a la inspección en redes eléctricas de distribución y transmisión..... 364
Carrasco Alex, Chávez Freddy, Ruth Barba, Sandra Barrazueta

Avaliação do uso do aplicativo VoiceGuard por professores a partir do mapa de experiências 380
Christina César Praça Brasil , Renata Coelho Fonteles, Raimunda Magalhães da Silva, José Eurico Vasconcelos Filho

Uso Combinado da Norma ISO/IEC 29110 Baseado em Scrum e Princípios Lean: Revisão Bibliométrica e Sistemática da Literatura..... 396
Nilson Salvetti, Ivanir Costa, Marcos Antonio Gaspar, Fábio Luís Falchi de Magalhães

Effective IT governance Mechanisms in Higher Education Institutions: An empirical study 412
Isaías Scalabrin Bianchi, Rui Dinis Sousa, Ruben Pereira, Irineu Manoel de Souza

Comparación de controladores y modelado matemático de un levitador magnético..... 424
Erick P. Herrera-Granda, Karla A. Herrera-Mayorga, Israel D. Herrera-Granda, Luz Marina Sierra Martínez, and Diego H.Peluffo-Ordoñez

El uso de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos ABP en la carrera profesional de Ingenierías de Sistemas 439
Víctor Cornejo-Aparicio, Sidanelia Flores-Silva, Norka Bedregal-Alpaca

Calculo automático de índice de masa corporal usando Visión Artificial..... 454
Juan de Jesús Amador Reyes, Josué Espejel Cabrera, Farid García Lamont , Laura D. Jalili, y José Sergio Ruiz Castilla

Portal de ranking de universidades iberoamericanas: una propuesta para facilitar procesos decisionales.....472
Francisco Ganga-Contreras, Julio López- Nunez, Walter Sáez

Automatización de la producción de Forraje Verde Hidropónico y Abono Orgánico en la Granja Cunícola Autosustentable en el Municipio de Mutiscua- Colombia 489
Jeison Javier Lizcano Cañas, Luz Marina Santos Jaimes

Predicción de demanda de energía eléctrica mediante redes neuronales artificiales. 505
Iván Fernando Sinaluisa Lozano, Andres Fernando Morocho Caiza, Cristian Marquez Zurita

Aprendizaje cooperativo y la Web 2.0. Universidad Técnica de Machala 520
Eudaldo Enrique Espinoza Freire, Nelly Victoria Ley Leyva, Verónica Jacqueline Guamán Gómez

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

Recebido/Submission: 12/09/2019
Aceitação/Acceptance: 20/11/2019

Análisis de los parámetros teóricos de las señales de RF con el uso de SDR (HackRF One)

Millard Escalona[1], René Cortijo[1], Nayade Domeneche[1], Fidel Parra[1]

mescalona@uisrael.edu.ec, recortijo@uisrael.edu.ec, ndomenech@uisrael.edu.ec, fparra@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel Israel, Quito, Ecuador

Pages: 1–15

Resumen: Las ecuaciones de Maxwell son la base para explicar todos los fenómenos electromagnéticos de naturaleza macroscópica. Con el uso de analizadores programables es posible tener una representación virtual del espectro de las señales y estos resultados concatenarlos con los postulados teóricos de Maxwell para una mejor comprensión del comportamiento electromagnético de las ondas de radiofrecuencia. Esta investigación consiste en obtener el espectro de dos señales de radio en diferentes frecuencias y bandas mediante el software (SDR) HackRF One y a partir de las mediciones observadas en un software analizador de espectro, obtener todos los parámetros teóricos que definen las propiedades electromagnéticas de la señal con fines de enseñanza y aprendizaje para estudiantes y radioaficionados. El artículo describe las características técnicas del SDR utilizado, el analizador de espectro, el software CubicSDR v0.2.5 y el análisis matemático de los parámetros de dos tipos de señales: una dentro de las bandas VHF de una emisión FM en la ciudad de Quito y otra en la banda UHF de un canal en la banda 2.4GHz para una red inalámbrica.

***Palabras claves**:* CubicSDR, FM, HackRF One, SDR, Espectro, electromagnético.

Analysis of the theoretical parameters of the RF signals with the use of SDR (HackRF One)

***Abstract*:** The Maxwell equations are the basis for explaining all electromagnetic phenomena of a macroscopic nature. With the use of programmable analyzers, it is possible to have a virtual representation of the signal spectrum and these results concatenate them with Maxwell's theoretical postulates for a better understanding of the electromagnetic behavior of radiofrequency waves. This research consists in obtaining the spectrum of two radio signals in different frequencies and bands by means of the software (SDR) HackRF One and from the measurements observed in a spectrum analyser software, to obtain all the theoretical parameters that define the electromagnetic properties of the signal for teaching and learning purposes for students and radio amateurs. The article describes the technical characteristics of the SDR used, the spectrum analyzer, the CubicSDR v0.2.5 software and the mathematical analysis of the parameters of two types of signals: one within the

VHF bands of an FM emission in the city of Quito and another in the UHF band of a channel in the 2.4GHz band for a wireless network**.**

Keywords*:* CubicSDR, FM, HackRF One, SDR, Spectrum, Electromagnetic.

1. Introducción

Con el surgimiento en la década de los 80's, de los equipos de radios basados en procesadores digitales de señales (DSP), que emplean técnicas digitales de filtrado y supresión de ruido, se consiguió una mayor calidad de transmisión y recepción de señales respecto de sus antecesores basados en circuitos analógicos. Posteriormente, en los años 90, se inicia el desarrollo de sistemas de radio basados en programas informáticos, donde la circuitería es mínima y la mayor parte de las funciones son realizadas por un software que corre en una PC u otro dispositivo, basado en microcontrolador con disponibilidad de tarjeta de sonido. Estos avances tecnológicos, provocaron un salto significativo hacia nuevos modos de realizar radio con prestaciones de servicio (Fernandez, 2019).

Además de la ventaja que significa en estos sistemas el uso de microcontroladores de propósitos generales, para realizar procesamiento digital de la señal, que garantiza disminución de complejidad y costo, hay que destacar su gran flexibilidad al permitir el uso de gran variedad de configuraciones que suponen una amplia gama de posibilidades en estos dispositivos (Rodríguez de Haro & Roldán Aranda, 2017).

Todos los sistemas SDR se componen de dos elementos principales: un equipo de hardware que recibe las señales y un software que configura el dispositivo estableciendo el modo de demodulación, la ganancia y la banda de frecuencia. Usando el software adecuado, es posible controlar desde el ordenador numerosas funciones del equipo de radio, igual o mejor que desde los controles del propio equipo (Rodríguez de Haro & Roldán Aranda, 2017), (Arteaga Arce, 2012).

Se describe el desarrollo de la práctica realizada con el SDR HackRF One, con los resultados obtenidos, el cual permite la transmisión y recepción de señales en el rango de 10 MHz y 6GHz.

2. Definiciones y Conceptos

2.1. Radio analógica y radio digital

La radio digital es la transmisión y recepción de sonido que previamente ha sido procesado de manera digital, de forma tal que, el transmisor procesa los sonidos convirtiéndolos en patrones numéricos o de dígito. Las radios analógicas por su parte, procesan los sonidos en forma de patrones de señales eléctricas ondulatorias.

La radio digital es más inmune a las interferencias y a las imperfecciones presentes en la transmisión y recepción, en comparación con la radio analógica, garantizando una mejor calidad de sonido.

Por otra parte, la radio digital puede ofrecer servicios informativos a los oyentes, como información musical, pronósticos del tiempo o informes del tránsito, dependiendo de

la programación que se le configure (Federal Communications Commission, 2017), (SDR, 2019).

2.2. Definición de SDR

Un SDR puede ser descrito como un sistema de radiocomunicaciones donde, gran parte de los componentes son implementados mediante software en lugar de una implementación de hardware, usando para ello, un dispositivo embebido que trata la información y la transmite a un computador (Fernandez, 2019). Este sistema permite realizar cambios considerables con el solo hecho de modificar ciertos aspectos en su software. Provee técnicas de procesamiento de señal además de operaciones para banda angosta o banda ancha y también establece funciones de seguridad para comunicaciones y requerimientos en forma de onda. La arquitectura tradicional de hardware de los sistemas de radio, formado principalmente por detectores, filtros, mezcladores, moduladores, amplificadores, o demoduladores, es reemplazada en los SDR por un software instalado en una PC u otro dispositivo basado en microcontrolador (Lisintuña & Cortijo, 2019).

A continuación, en la figura 1, se muestra un diagrama de bloques de las partes que conforman un SDR.

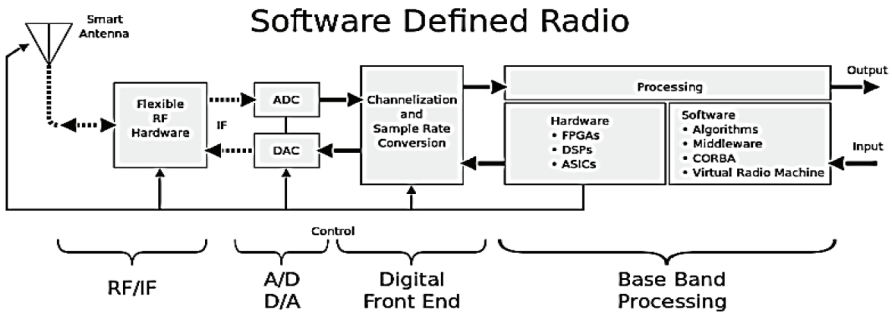


Figura 1 – *Diagrama de bloques genérico de un SDR*
(Rodríguez de Haro & Roldán Aranda, 2017)

2.3. HackRF One

Es un periférico de radio definido por software capaz de transmitir o recibir señales de radio de 1 MHz a 6 GHz, diseñado para permitir la prueba y el desarrollo de tecnologías de radio modernas y de próxima generación. De acuerdo a las especificaciones de su fabricante, HackRF One es una plataforma de hardware de código abierto que se puede usar como un periférico USB o programado para operación independiente (RF, 2019). En la figura 2 se observa al dispositivo en su forma física exterior.

Las características principales del dispositivo HackRF One establecidas por el fabricante, Greats Scott Gadgets, se muestran a continuación (RF, 2019).

- Frecuencia operativa de 1 MHz a 6 GHz
- Transceptor semidúplex.
- Hasta 20 millones de muestras por segundo

- Muestras de cuadratura de 8 bits (8 bits I y 8 bits Q)
- Compatible con GNU Radio, SDR # y más ganancia de RX y TX configurable por software y filtro de banda base.
- Alimentación del puerto de antena controlada por software (50 mA a 3,3 V)
- Conector de antena hembra SMA
- Entrada y salida de reloj hembra SMA para sincronización.
- Botones convenientes para programar.
- Cabezales de clavija internos para expansión.
- USB 2.0 de alta velocidad.
- Alimentado por USB.
- Hardware de código abierto



Figura 2 – *Dispositivo HackRF One* (RF, 2019)

2.4. Software Spectrum Analizer y CubicSDR

De acuerdo al análisis de la bibliografía consultada para esta investigación y sus resultados, se decidió trabajar con dos tipos de software: Spectrum Analizer de HackRF y CubicSDR v0.2.5, con la finalidad de visualizar e interpretar de una manera fácil, las señales de radiofrecuencia de la banda VHF y UHF. Estos software pueden descargarse desde la página oficial de HackRF: https://greatscottgadgets.com/hackrf/

Spectrum-NET analiza, identifica y caracteriza automáticamente los eventos de interferencia de RF sin necesidad de sondas externas. Aplica aprendizaje automático para aprender continuamente sobre los eventos de interferencia. Es una solución basada en la web, preparada para la nube y altamente escalable con amplias capacidades de mapeo, visualización y generación de informes. Como se puede apreciar en la figura 3, cuenta con una interface visual muy completa que automatiza y virtualiza las funciones de análisis, prueba y medición de interferencia de RF, que tradicionalmente se realizan de forma manual (Spectrum Net, 2019).

CubicSDR es una aplicación de radio definida por software multiplataforma. Este software permite navegar por el espectro radioeléctrico y demodular cualquier señal que pueda descubrir. CubicSDR soporta el RTL-SDR, SDRPlay, HackRF, BladeRF, AirSpy, NetSDR+, Red Pitaya, Audio Devices o dispositivos con soporte SoapySDR (SDR, 2019).

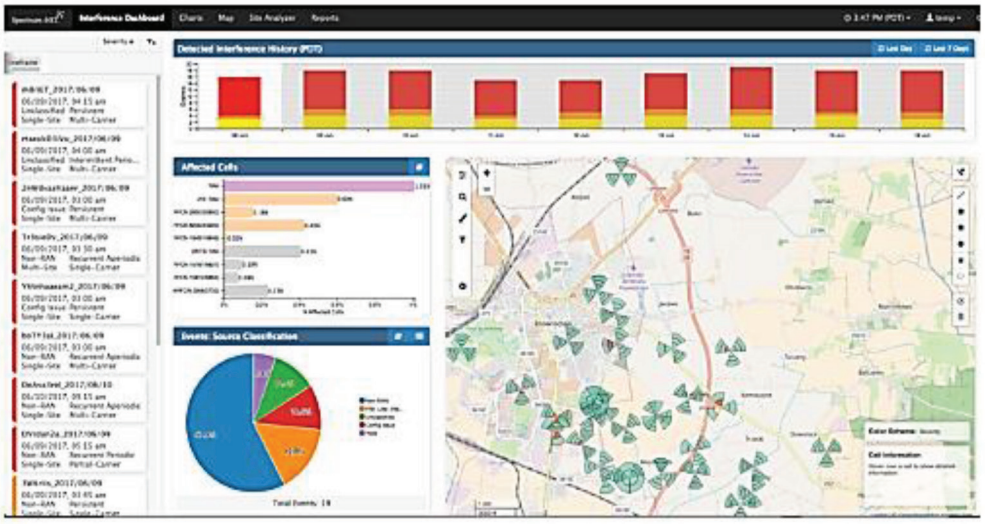
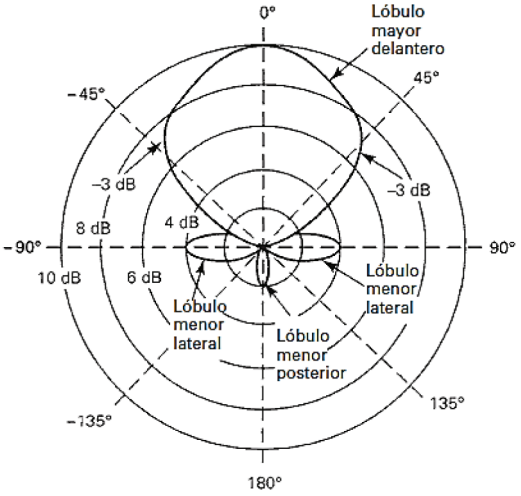


Figura 3 – *Spectrum-Net* (Spectrum Net, 2019)

2.5. Lóbulo de la antena

El lóbulo principal de la una antena es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz, toma un valor de 3dB por debajo del máximo, es decir, la dirección en la que la potencia radiada se reduce a la mitad (Sánchez Ibarra, 2007).

En el diagrama de radiación de una antena, se representan las intensidades de campo o densidad de potencia, en diversas posiciones angulares en relación con una antena



Figua 4 – *Radiación relativa y lóbulos de radiación en dB* (Tomasi, 2003)

en el que se pueden identificar uno o varios lóbulos primarios que reciben la mayor cantidad de energía y varios lóbulos secundarios o menores que representa la radiación no deseada. Pueden existir lóbulos trasero o laterales. La relación de potencia del lóbulo frontal al lóbulo trasero, se denomina eficiencia direccional y la relación del lóbulo frontal a un lóbulo lateral, se denomina relación frontal a lateral (Tomasi, 2003). En la figura 4, se pueden identificar los diferentes lóbulos de una antena no especificada en un diagrama de radiación relativa.

2.6. Modulación y demodulación en la radio digital

La modulación consiste en variar determinado aspecto de una señal denominada portadora, con respecto a una segunda señal denominada señal moduladora, generando finalmente una "señal u onda modulada", mientras que la demodulación es el conjunto de técnicas utilizadas para recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información. La transmisión de portadoras analógicas moduladas digitalmente (la señal moduladora son pulsos digitales) entre dos o más puntos en un sistema de comunicaciones es precisamente la radio digital (Pérez, 2019).

La modulación es necesaria para facilitar la irradiación de señales de baja frecuencia en forma de energía electromagnética con una antena y para evitar las interferencias entre señales de dos o más fuentes que se transmiten al mismo tiempo (Tomasi, 2003).

2.7. Antena Telescópica ANT 500

Este tipo de antena es muy sencilla y consiste en una varilla conductora que se coloca en posición vertical. Su tamaño no es muy grande, ya que se utiliza fundamentalmente para la banda de altas frecuencias (Onda corta) y en la banda de frecuencia modulada (FM). Esta antena va colocada en la parte externa del radio. Es un dipolo que tiene una impedancia característica de 50Ω y funciona en un rango de frecuencia de 75MHz a 1 GHz. Su longitud total es configurable de 20 a 88 cm. Es apropiada para el trabajo con el HackRf One (RF, 2019).

En la figura 4, se puede observar la antena telescópica utilizada, cuya longitud máxima es de 88cm.



Figura 5 – Antena telescópica ANT500 con conector RF SMA macho

2.8. Frecuencias de radio FM

La banda de radio FM va desde 88 a 108 MHz -entre los canales de televisión VHF 6 y 7. Las estaciones de FM tienen asignadas frecuencias centrales empezando en 88,1 MHz, con una separación de 200 KHz, y un máximo de 100 estaciones. Estas estaciones de FM tienen una desviación máxima de su frecuencia central de 75 kHz, lo cual deja unas "bandas de guardas" superior e inferior de 25 kHz, para minimizar la interacción con las bandas de frecuencias adyacentes (Spectrum Net, 2019).

2.9. Canales WiFi

Trabajando en la banda de 2.4 GHz, tenemos 14 canales, separados por 5 MHz. Hay que tomar en cuenta que cada país y zona geográfica aplica sus propias restricciones al número de canales disponibles (Sánchez Ibarra, 2007).

En la siguiente figura 5, se observan los 11 canales disponibles.

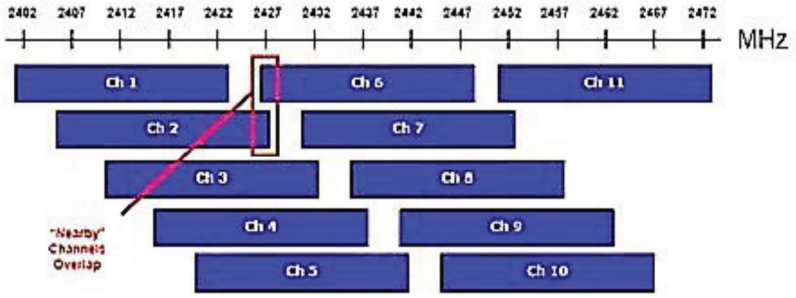


Figura 6 – *Canales WiFi disponibles en 2.4GHz*

3. Análisis y Resultados Experimentales

Con la ayuda del equipo electrónico *HackRF One* (con su respectiva antena telescópica) y con los dos tipos de software elegidos, Spectrum *Analizer* y *CubicSDR,* se lograron observar las imágenes instantáneas del espectro de las diferentes señales escogidas para ser analizadas.

3.1. Análisis de señal FM

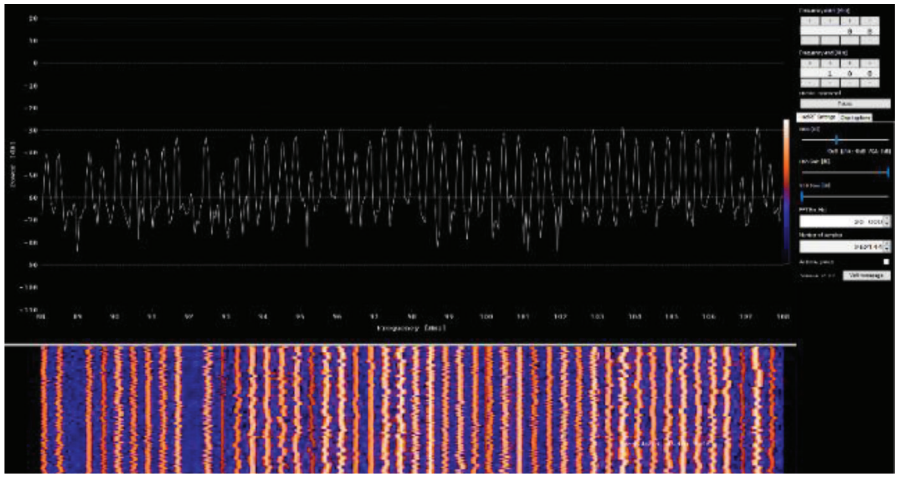


Figura 7 – *Espectro completo de radio FM*

El espectro electromagnético de la banda de radio FM se ubica entre los 88MHz a 108MHz y se decidió observar todo el espectro.

Se analizaron aproximadamente 50 señales, cada radio de la ciudad transmitió en ese momento y se obtuvo el espectro completo, modulado en frecuencia. En la figura 7, se observa lo antes mencionado.

3.2. Análisis frecuencia 100.5MHz

La frecuencia central para realizar el análisis fue ubicada en la banda VHF (30 MHz a 300 MHz), cuyo ancho de banda es de 200KHz.

En la figura 8, se observa el espectro de la frecuencia de 100.5MHz con un ancho de banda de 200KHz.

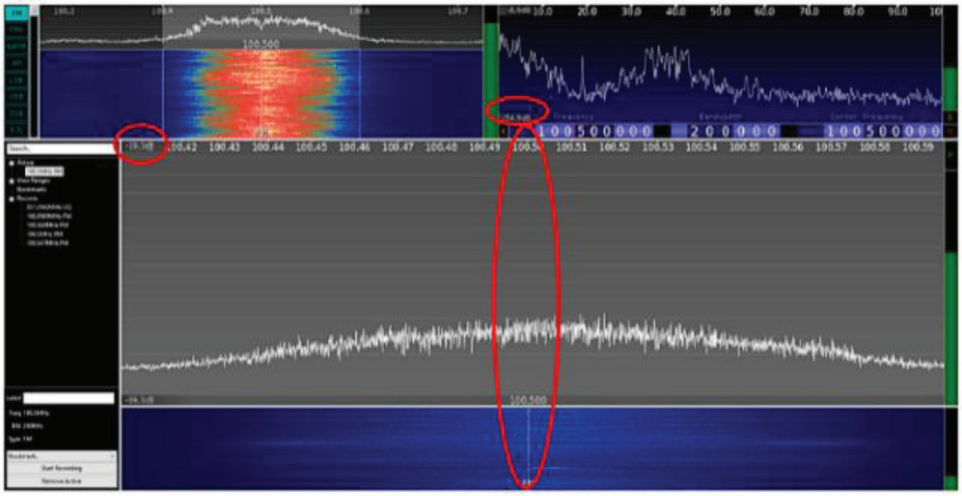


Figura 8 – *Espectro de la frecuencia 100.5 modulado con FM*

Para establecer la frecuencia de 100.5MHz se debe ejecutar el programa Cubic SDR. Se coloca la frecuencia central de 100.5MHZ y se configura un spam que cubra la ventana de observación, que, en este caso, coincide con el ancho de banda de 200KHz. La duración de la observación fue de 1 minuto y el análisis se muestra en la figura 9.

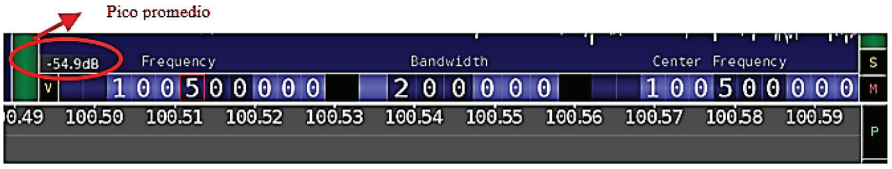


Figura 9 – *Configuración de la frecuencia 100.5 MHz en Cubic SDR*

Los datos experimentales obtenidos de la observación:

- Frecuencia central: 100.500MHz
- Ancho de banda: 200KHz (norma del país)
- Pico máximo en dB: -19.3dB (ver figura 8)
- Pico mínimo en dB: -89.3dB (ver figura 8)
- Pico promedio: -54.9dB (ver figura 9)

Al hacer la conversión de dB a Watts de los datos experimentales, se tiene los datos mostrados en la tabla 1-.

Pico máximo:	$-19.3dB = 10\log(P[w])$ $P[w] = 0.01174W = 11.74mW$
Pico mínimo:	$-89.3dB = 10\log(P[w])$ $P[w] = 1.174 * 10^{-9} W$
Potencia promedio:	$5.5 * 10^{-3} w = 7.4dBm$

Tabla 1 – Datos experimentales, conversión de dB a Watts.

3.3. Análisis señal WiFi 2.4GHz canal 11

A continuación, se observa en la figura 10, todo el espectro de la banda *WiFi* no licenciada de 2.4GHz. Esta señal fue tomada de un modem inalámbrico (punto de acceso inalámbrico) que trabaja en la banda de 2.4GHz.

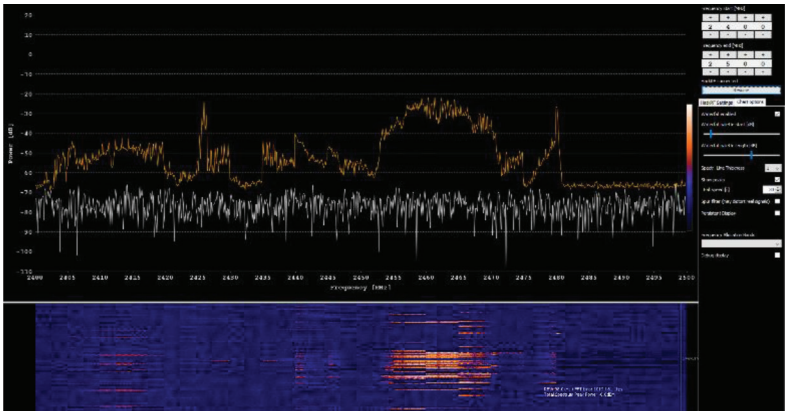


Figura 10 – *Espectro de 2.4GHz a 2.5GHz*

3.3. Análisis del canal 11

Dado que los canales 1, 6 y 11 son los mejores para la configuración *WiFi* en teoría (ADSLZONE, 2019), se escogió el canal 11 que trabaja en la frecuencia de 2.462GHz, para observar su funcionamiento y comportamiento.

En la figura 11, se observa el comportamiento del espectro únicamente del canal 11 de *WiFi* durante 1 minuto.

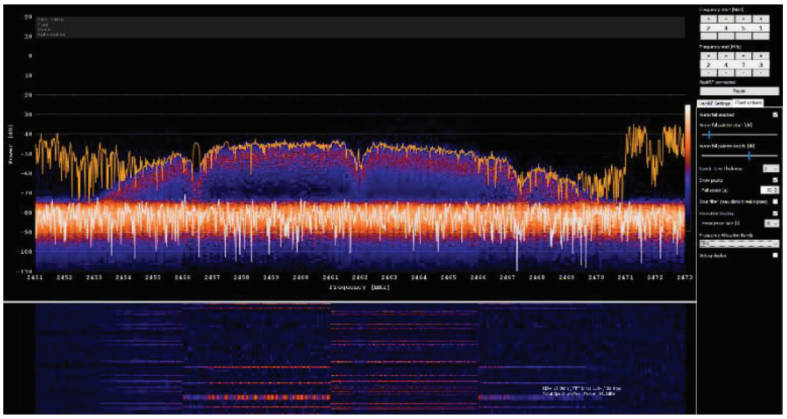


Figura 11 – *Espectro del canal 11 en 2.462GHz*

Datos experimentales obtenidos de la observación.

- Frecuencia central: 2.462GHz
- Ancho de banda: 22MHz
- Potencia promedio máximo: -40dB
- Potencia promedio mínimo: -100dB
- Potencia promedio: -70dB

Al hacer la conversión de dB, de los datos experimentales obtenidos de la observación, ver tabla 2-.

Pico máximo	$-40dB = 10\log(P[w])$ $P[w] = 0.0001W$
Pico mínimo	$-100dB = 10\log(P[w])$ $P[w] = 1 * 10^{-10}W$
Potencia promedio	$5 * 10^{-5}w$= -13.01dBm

Tabla 2 – Datos experimentales, conversión de dB a Watts.

3.4. Comparación entre señales de 100.5MHz y 2.462 GHz

A continuación, se presentan los cálculos realizados con la información obtenida de la observación de las señales de las bandas VHF y UHF. El análisis se hizo con una frecuencia de 100.5MHz. En la siguiente tabla se muestran los parámetros de la onda para esta frecuencia.

Frecuencia 100.5 MHz	
Longitud de onda	$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3x10^8 m/s}{100.5x10^6 Hz} = 2{,}98\ m$
Número de onda	$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2.98\ m} = 2{,}108\ rad/m$
Frecuencia angular	$\boldsymbol{\omega = Ck = 3x10^8 m/s(2,108 rad/m) = 632,4x10^6\ rad/s}$
Rapidez de la onda	$v = \frac{C}{\sqrt{K.Km}} = \frac{3x10^8 m/s}{\sqrt{632{,}4x10^6\sqrt{1}}} = 11.92 * 10^3 m/s$

Tabla 3 – Parámetros de onda, 100.5MHz (Cheng, 1996).

En la siguiente tabla se muestra los voltajes de recepción en base a la impedancia característica de 50Ω, para estos parámetros de onda.

Voltaje para la potencia mínima	$\boldsymbol{P_{min} = 0.011W = \frac{V^2}{50\Omega}}$ $\boldsymbol{V = 0.74V}$
Voltaje para la potencia máxima	$P_{max} = 1.174 * 10^{-9} W = \frac{V^2}{50\Omega}$ $V = 2.42 * 10^{-4} V$
Voltaje promedio	$\frac{2.42 * 10^{-4} + 0.74}{2} = 0.37V$

Tabla 4 – Voltajes de recepción en base a la impedancia característica de 50Ω, frecuencia 100.5MHz.

El cálculo de la magnitud del campo magnético, densidad de la energía y la magnitud del vector de Poynting, se muestran a continuación.

Magnitud del campo magnético (Cheng, 1996)

$$E(x,t) = k'Ecos(kx + wt)$$

$$E(x,t) = \mathrm{k}'\left(3.43 * \frac{10^{-8} v}{m}\right) cos\left[\left(\frac{2.108 rad}{m}\right)x\right] + (632.4 * 10^6 rad/s)t$$ (Cheng, 1996)

$$B(x,t) = \mathrm{j}(1.14 * 10^{-4} T) cos[(2.108 rad/m)x] + (632.4 * 10^6 rad/s)t$$

$$B(x,t) = (5.025 * 10^{-12}x + 1.14 * 10^{-11}t)$$

$$B = \frac{3.43*10^{-8}v/m}{3*10^{8}\ m/s} = 1.14*10^{-11}\ \mathrm{T}$$

$$E \times B = \begin{vmatrix} x & t \\ 1.75 * 10^{-3} & 3.43 * 10^{-3} \\ 5.825 * 10^{-12} & 1.14 * 10^{-11} \end{vmatrix} = 1.995 * 10^{-14} + 1.9910^{-14}$$

$$= 4 * 10^{-14}$$

Densidad de la energía

$$D = \mathcal{E}o.E^2 = (8{,}85x10^{-12}C^2C^2/Nm^2)(20V/m)^2 = 3.54 * 10^{-9}J/m^3$$

Magnitud del vector de Poynting

$$\mathcal{S} = \frac{ExB}{\mu o} = \frac{4 * 10^{-14}}{4\pi * 10^{-7}T.\frac{m}{A}} = 3{,}183 * 10^{-8}\ W/m^2$$

A continuación, se muestra la tabla 5-, la comparación entre los valores experimentales y los valores calculados correspondientemente.

	Experimental	**Calculado**
Frecuencia	100.5MHz	100.5MHz
Potencia Promedio	$5 * 10^{-5}w$	$3 * 10^{-6}w$

Tabla 5 – Comparación datos experimentales y calculados, frecuencia 100.5MHz

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de onda para una frecuencia de 2.462GHz.

Frecuencia 2.462GHz	
Longitud de onda	$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3x10^8 m/s}{2{,}4x10^9 Hz} = 0{,}125\ m$
Número de onda	$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0{,}125\ m} = 50{,}26\ rad/m$
Frecuencia angular	$\omega = Ck = (3x10^8 m/s)(50{,}26 rad/m) = 15{,}08x10^9\ rad/s$

Frecuencia 2.462GHz	
Rapidez de la onda	$v = \frac{C}{\sqrt{K.Km}} = \frac{3x10^8 m/s}{\sqrt{15{,}08x10^9\sqrt{1}}} = 2{,}44\ x10^3\ m/s$ (Cheng, 1996)

Tabla 6 – Parámetros de onda, 2.462GHz.

Los voltajes de recepción en base a la impedancia característica de 50Ω, la magnitud del campo magnético y densidad de la energía, para estos parámetros de onda, se muestran en la tabla 7-.

Voltaje para la potencia mínima	$P_{min} = 0.0001W = \frac{V^2}{50\Omega}$ $V = 0.070V$
Como P ~ E^2, P(W) = $10^{-4} = 1x10^{-7}\ mW$, $E = \sqrt{(1x10^{-7})} = 316{,}22x10^{-6}\ V/m$	
Magnitud del campo magnético	$B = \frac{E}{C} = \frac{316{,}22x10^{-6}\ V/m}{3x10^8 m/s} = 1{,}054x10^{-12}\ T$
Densidad de la energía	$D = \varepsilon o.E^2 = (8{,}85x10^{-12}C^2/Nm^2)(316{,}22x10^{-6}v/m)^2 = 8{,}85x10^{-19}J/m^3$

Tabla 7 – Voltajes de recepción en base a la impedancia característica de 50Ω, la magnitud del campo magnético y densidad de la energía, frecuencia 2.462GHz.

A continuación, se muestra la tabla 8-, la comparación entre los valores experimentales y los valores calculados correspondientes.

	Experimental	Calculado
Frecuencia	2.462GHz	2.462GHz
Potencia Promedio	$5 * 10^{-5}w$	$1 * 10^{-7}w$

Tabla 8 – Comparación en la frecuencia 100.5MHz

En la tabla 9- se realiza la comparación entre los valores experimentados de las frecuencias de VHF y UHF, frecuencias de radiodifusión terrestre y red inalámbrica, correspondientemente.

	Experimental	Teórico	Experimental	Teórico
f	100.5MHz	100.5MHz	2.462GHz	2.462GHz
P	-54.3dBm	-22.59dBm	-70.00dBm	-43.01dBm
V	0.74V	1V	0.07V	0.10V

Tabla 9 – Comparación en la frecuencia 100.5MHz y 2.462GHz

4. Conclusiones

La potencia observada en el desarrollo de la práctica correspondió a la potencia instantánea y el espectro correspondiente dependió de los datos o la información que en ese instante se transmitió. Por lo tanto, la potencia instantánea varió debido a que, la cantidad de datos observados experimentalmente eran superiores al calculado.

El proyecto permitió evidenciar la validación de las ecuaciones teóricas del electromagnetismo presentada por Maxwell, con el empleo de dos tipos de software de análisis espectral: Spectrum Analizer y CubicSDR.

El dispositivo HackRF *One* permitió la recepción adecuada de las señales de radio, en las diferentes frecuencias seleccionadas, para aplicarlas a los programas de análisis espectral. Con ello se logró obtener valores de manera experimental, que resultaron muy similares a los obtenidos con los postulados matemáticos y que fueron desarrollados en función del campo magnético *B* versus el vector de Poynting. Se calculó además la energía de la onda electromagnética por unidad de superficie, como se observa en las tablas comparativas respectivas.

Además de las lecturas experimentales obtenidas por el software de análisis utilizado, se lograron determinar valores no mostrados por éste, tales como la longitud de onda, el número de ondas, la frecuencia angular, la rapidez de propagación la onda y la polarización del vector de propagación, con el desarrollo de las ecuaciones matemáticas de índoles teóricas en función de los datos obtenidos.

Referencias

ADSLZONE, g. (30 de octubre de 2019). *ADSLZONE.net*. Obtenido de https://www.adslzone.net/2018/05/21/canales-1-6-11-wifi/

Arteaga Arce, A. (2012). Arquitectura de un Sistema de Monitoreo Radioeléctrico usando Software Defined Radio. *S&T*(10), 83-93.

Cheng, D. (1996). *Fundamentos de electromagnetismo para ingenier[ias*. Naucalpna de Juárez: Pearson Education.

DavidJ.Griffiths, R. C. (1999). *Introduction to Electrodynamics*. New Jersey: Prentice Hall.

EcuRed. (11 de agosto de 2019). *Antena para receptor de radio*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Antena_para_receptor_de_radio

Federal Communications Commission. (27 de enero de 2017). *La radio digital*. (Federal Communications Commission) Recuperado el 02 de septiembre de 2019, de https://www.fcc.gov/consumers/guides/la-radio-digital

Fernandez, F. (9 de agosto de 2019). *SDR : EQUIPOS DE RADIO DEFINIDOS POR SOFTWARE*. Obtenido de https://www.ea1uro.com/sdr1/sdr.htm

Lisintuña, B., & Cortijo, R. (2019). *APLICACIÓN DE UN SISTEMA SDR (RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE) PARA PRÁCTICAS MULTIDICIPLINARIAS*. Quito: Universidad Israel. Recuperado el 03 de septiembre de 2019, de https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2067/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-032.pdf

movil, X. (12 de agosto de 2019). *Qué son los canales Wi-Fi y cómo escoger el mejor para nuestra red*. Obtenido de https://www.xatakamovil.com/conectividad/que-son-los-canales-wi-fi-y-como-escoger-el-mejor-para-nuestra-red

Nave, M. O. (12 de agosto de 2019). *hyperphysics*. Obtenido de http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Audio/radio.html

Pérez, E. (11 de gosto de 2019). *Modulación y demodulación*. Obtenido de http://modulacionunir.blogspot.com/

RF, H. (10 de agosto de 2019). *Hack RF*. Obtenido de https://greatscottgadgets.com/hackrf/

Rodríguez de Haro, J., & Roldán Aranda, A. (2017). *Análisis software y hardware del SDR HackRF One*. Granada: Universidad de Granada.

Sánchez Ibarra, D. (2007). *Diseño, Construcción y Caracterización de antenas para UHF*. Universidad de las Américas, Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería y Ciencias. Puebla: Bibliotecas UDLAP. Recuperado el 2019, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sanchez_i_d/capitulo_3.html#

SDR, C. (04 de 09 de 2019). *Cubic SDR Cross-Plataform and Open-Source Software-Defined radio Application*. (Cubic SDR) Recuperado el 2019, de https://cubicsdr.com/?cat=4

Selva Castañeda, A., Giró Uribazo, F., & Alnaguer Lora, Y. (julio de 2014). Implementación de un radio definido por software (SDR) para la banda de (30 KHz a 40MHz). *Convención Internacional de Ciencias Técnicas*. Santiago de Cuba. Recuperado el 2019, de https://www.researchgate.net/publication/295918680_Implementacion_de_un_radio_definido_por_software_SDR_para_la_banda_de_30_KHz_-_40_MHz

Spectrum Net. (2019). *The spectrum -Net Solution*. (Spectrum-Net) Recuperado el 03 de 09 de 2019, de https://www.spectrumeffect.com/solution

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). Ciudad de México: Pearson Education.

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

Recebido/Submission: 14/07/2019
Aceitação/Acceptance: 22/10/2019

Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Eje Residencial, Comercial y Público en el Ecuador

Maryory Urdaneta[1]

murdaneta@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 16–30

Resumen: En esta investigación se presenta un plan para el uso eficiente de la energía eléctrica que puede ser aplicado en los tres ejes principales consumidores de energía: residencial, comercial y público del Ecuador. Se toma como base el Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador 2016 – 2035, y a partir de allí se diseña un plan con medidas que pueden ser ejecutadas a ningún costo o a un costo bajo por los consumidores, ya que son las más sencillas de implementar. Este plan puede ser ejecutado por cualquier país o región. Asimismo, el plan propuesto promueve un cambio en el comportamiento del usuario del servicio eléctrico para abordar el uso racional de energía eléctrica.

Palabras-clave: eficiencia energética; consumo energético; energía; ahorro energético.

Promoting Energy Efficiency Mechanisms in Residential, Commercial and Public Sector in Ecuador.

Abstract: In this research, an energy efficient plan is presented and it can be used by the three main energy users: residential, commercial and public in Ecuador. The base for this study is the National Plan of Energy Efficiency of Ecuador 2016-2035, and from there, the plan is designed with measures that can be achieved without any cost or at very low cost by the consumers, since they can be easy to achieve. The plan presented here can be executed bay any country or region. Likewise, the proposed plan promotes a change in the human behavior toward energy use.

Keywords*:* energy efficiency; energetic consumption; energy; energy saving.

1. Introducción

El artículo 413 de la Constitución de la República del Ecuador establece que “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto, que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas y el derecho al agua”. En tal sentido, el Plan Nacional para el Buen Vivir

2013-2017 (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017), establece la necesidad de "incentivar la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía", así como "Promover patrones de consumo conscientes, sostenibles y eficientes con criterios de suficiencia dentro de los límites del planeta".

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), es un organismo cuya creación data del 16 de enero de 2016, surge como necesidad de implementar una política energética en el país que cumpla con lo establecido en la Constitución. Dentro de sus atribuciones se encuentra la promoción y ejecución de planes y programas en materia de eficiencia energética, establecidos en el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016 – 2035 del Ecuador. Dentro de estos planes y proyectos se incluyen mecanismos para promover una cultura de ahorro energético que permitan el uso eficiente de la energía en los sectores de consumo (Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador, 2016).

De acuerdo a la Estadísticas Anual y Multianual del sector eléctrico ecuatoriano, establecidas en la Agencia de Regulación y Control de Electricidad en 2018, el consumo total de energía eléctrica a nivel nacional fue 20.000,62 GWh (Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2018). Dentro de este consumo, el sector residencial es el sector con mayor consumo con 37 % del consumo total de energía. El consumo en el sector industrial representa un 25,46%, en el sector comercial 19,15% y en el sector público 18,39%, como se observa en la Figura 1.

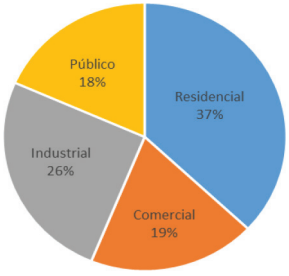


Figura 1 – Consumo Eléctrico en el Ecuador por Sectores. Fuente: Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2018).

La producción nacional de energía más las importaciones, alcanzaron un valor total de 29.349,66 GWh, de los cuales, 21.224,31 GWh se generaron con fuentes renovables de energía, mientras que 8.019,28 GWh se los obtuvo empleando fuentes no renovables. Por otra parte, se importó 106,07 GWh de Colombia y Perú, que corresponden al 0,36 % del total, tal y como se observa en la Figura 2, según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2018). Cabe señalar también, que la generación de energía eléctrica en base al recurso hídrico fue la más representativa, con 20.678 GWh, equivalente al 70,45 % de la producción total de energía e importaciones. Dentro de las fuentes de energía renovable se encuentran: hidráulica, biomasa, fotovoltaica, eólica y biogás y las fuentes no renovables son las que utilizan combustibles fósiles (derivados de petróleo y gas natural) para generar electricidad.

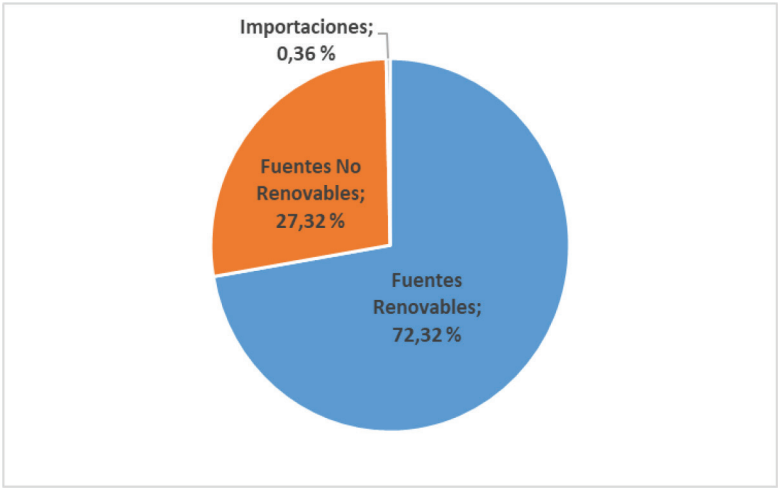


Figura 2 – Producción de Electricidad en el Ecuador en GWh. Fuente: Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2018).

El monto total facturado a clientes regulados en el año 2.018, a nivel nacional, fue 1.855,92 MUSD, mientras que la recaudación fue 1.753,46 MUSD (Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2018). El sector con mayor recaudación fue el residencial, con 654,81 MUSD, tal como se observa en la Figura 3.

En la Tabla 1 se presenta el incremento de energía bruta generada en el Ecuador desde al año 2009 hasta el año 2018, en donde se puede observar que hubo un incremento de 9.085,80 GWh, representando un 65,56 % de aumento (Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2018).

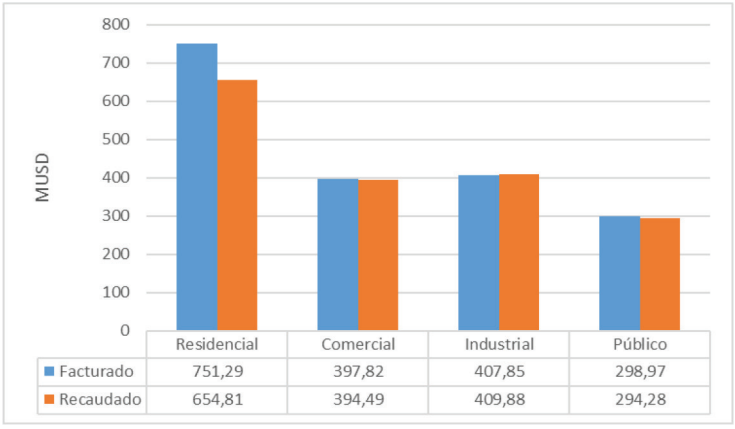


Figura 3 – Valores Facturados y Recaudados por sector en el Ecuador en MUSD. Fuente: Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2018).

Año	Energía Generada (GWh)
2009	13.857,90
2010	14.739,45
2011	15.794,54
2012	17.749,14
2013	18.174,42
2014	19.194,41
2015	20.554,61
2016	21.645,27
2017	22.184,93
2018	22.943,70

Tabla 1 – Energía Generada en el Ecuador. Fuente: Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2018)

A nivel nacional la capacidad instalada para generación eléctrica se ha incrementado anualmente. La Tabla 2 muestra la evolución de dicha capacidad en el periodo 2009 – 2018 (Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano, 2018).

Tipo de Energía	Tipo Central	2010	2012	2014	2016	2018
Renovable	Hidráulica	2.215,19	2.236,62	2.240,77	4.418,18	5.036,43
	Eólica	2,40	2,40	21,15	21,15	21,15
	Biomasa	93,40	93,40	136,40	136,40	136,40
	Fotovoltaica	0,02	0,08	26,37	25,59	26,74
	Biogás				1,76	6,50
Total Renovable		2.311,01	2.332,50	2.424,69	4.603,07	5.227,22
No Renovable	Térmica	2.446,38	2.730,44	2.874,39	3.003,80	2.820,89
Total No Renovable		2.446,38	2.730,44	2.874,39	3.003,80	2.820,89
Total General		**4.757,39**	**5.062,95**	**5.299,09**	**7.606,88**	**8.048,11**

Tabla 2 – Potencia Efectiva por tipo de Fuente en MW. Fuente: Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano (2018).

El incremento en el consumo de electricidad en los distintos sectores que hacen vida en el Ecuador, se debe principalmente al crecimiento económico de la región, y por ende una mejor calidad de vida de la población. Ante ésta situación, una política en materia de eficiencia energética es de suma importancia para asegurar el abastecimiento energético (Alvarado & Iglesias, 2017).

Además de garantizar el abastecimiento de energía, la eficiencia energética permite la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (López et al, 2014). En este

sentido, se han llevado a cabo proyectos de energías renovables con la utilización de recursos hidráulicos, eólicos, fotovoltaicos y de uso biocombustibles para la generación eléctrica (Canseco,2010); asimismo, se han implementado proyectos de reemplazo de focos incandescentes por focos ahorradores, mejoramiento de la eficiencia energética en la producción petrolera, generación eléctrica con biomasa residual, entre otras iniciativas (Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador, 2016).

En la actualidad, el MEER ha desarrollado una serie de planes y proyectos en materia de eficiencia energética, tales como: Instrumentos regulatorios que promueven la comercialización de equipos eléctricos de mayor rendimiento, sustitución de focos incandescentes por focos ahorradores (con un ahorro estimado de 287 GWh/año y 263 MW de potencia), reemplazo de luminarias de vapor de mercurio de 175 W en el alumbrado público por luminarias de vapor de sodio de 100 W (con un ahorro de 20 GWh y 4,6 MW de potencia), programas para la sustitución de electrodomésticos ineficientes (de alto consumo energético), por equipos nuevos, eficientes y de fabricación nacional (con un ahorro de 38,2 GWh/año y 5,53 MW de potencia), sustitución del gas licuado del petróleo (GLP) por electricidad en el sector residencial (Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador, 2016).

En este sentido, el MEER ha establecido acciones y estrategias enmarcadas en la eficiencia energética en edificaciones; añadiendo un capítulo referido a la eficiencia energética en la de la Norma Ecuatoriana Construcción (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2018).

Si bien es cierto que actualmente el estado tiene una serie de proyectos para mejorar el consumo energético (Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador, 2016), es importante señalar que estos proyectos no se encuentran al alcance de toda la población, ya que, por ejemplo, reemplazar un electrodoméstico por uno de mejor eficiencia puede representar un costo no contemplado en el bolsillo de la población (Jara & Izaga, 2014).

Por más que las acciones de eficiencia energética redundan en beneficios directos para los actores involucrados, se ha identificado un limitado conocimiento de éstos sobre el beneficio económico y financiero del uso eficiente de la energía (Jara & Izaga, 2014). Respondiendo a esta necesidad, esta investigación busca proponer un plan que permita reducir el consumo energético en el sector residencial, comercial y público sin disminuir su calidad de vida y que además puedan ser implementadas a bajo costo o sin ningún costo (Poveda, 2007). Este plan de eficiencia energética de igual forma busca la adopción de nuevos patrones de consumo más racionales y mejores tecnologías de conversión energética, lo cual permitirá obtener ventajas técnicas, económicas y ambientales.

2. Eficiencia Energética

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) define a la eficiencia energética como la capacidad para usar menos energía para generar el mismo nivel de confort en la sociedad y reducir la producción de gases de efecto invernadero (OLADE, 2019). Según la revista española Energía y Sociedad, un modelo energético ideal debe ser aquel cuya producción y consumo estén de acuerdo al desarrollo económico, social y ambiental de un país y que a su vez sea capaz de satisfacer las necesidades en materia energética de las

generaciones presentes y futuras (Energía y Sociedad, 2017). El uso eficiente de la energía implica realizar un mejor uso de los recursos energéticos (electricidad, combustible, etc.) de forma de disminuir el consumo manteniendo al mismo tiempo los niveles de producción, confort y atención de las necesidades cotidianas. Si bien siendo eficiente se perciben ahorros, se trata de conceptos distintos. El ahorro de energía implica limitar su uso mientras que la eficiencia energética involucra su optimización.

3. Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), el consumo de energía a nivel mundial hoy en día podría ser aproximadamente 56% mayor si no se hubiesen implementado políticas en materia de eficiencia energética desde 1973 (Agencia Internacional de Energía, 2017).

Las edificaciones actuales reportan alrededor del 40% total de consumo de energía a nivel mundial y 24 % de la emisión de CO2. Sin embargo, a pesar de los beneficios de la reducción del consumo de energía, existen diversos factores que impiden llevar a cabo esta acción, tales como falta de interés en asuntos energéticos, falta de información, dificultades económicas, entre otras (Agencia Internacional de Energía, 2017).

Existen diversas medidas para promover la eficiencia energética que van desde inversión cero hasta inversión moderada (UPME, 2010; Fernández, 2014; Olsen, 2015). Las medidas a bajo o ningún costo son las más sencillas para implementar ya que no requieren gran inversión financiera, sin embargo, su aplicación dependerá en gran parte del grado de interés y conocimiento de los usuarios y su nivel de compromiso con el ahorro energético. Las medidas que tienen un costo mediano requieren una inversión económica mediana y buscan mejorar la estructura actual en materia energética para hacerla más eficiente. Las medidas que implican un alto costo se aplican principalmente en los sectores que tienen mayor consumo energético, su implementación requiere una inversión importante de dinero y sus beneficios en materia económica por lo general se perciben luego de un período de tiempo.

A continuación, se presentan un plan que permitirá fortalecer el uso eficiente y ahorro de energía eléctrica en los sectores residencial, comercial e industrial.

3.1. Identificar el Uso de la Energía.

Identificar el uso de la energía es el primer paso para su manejo óptimo (Mehreen, 2015), aquí se determina si existe pérdida de energía en el sistema (Residencial, Comercial y/o Público) y se realiza la planeación de medidas eficientes para su uso en el futuro. Se recomienda almacenar en una base de datos no sólo el cobro por uso de energía sino también la cantidad de energía consumida mensualmente, tal como electricidad y gas. En este apartado puede llevar un registro de la cantidad de energía utilizada por uso final por hogar, por unidad de superficie construida o por aparato electrodoméstico (OIEA, 2008).

En la Tabla 3 se presenta un ejemplo de registro de consumo, la cual se recomienda para registrar la información de consumo.

Mes	Consumo Energético (KW/h)	Costo ($)
Enero	504	36.5
Febrero	490	35.49
...	...	...
Diciembre	650	47.07

Tabla 3 – Registro de Consumo por mes. Fuente: El autor.

3.2. Recomendar equipos para la visualización de energía.

Con equipos adecuados para la visualización, puede identificarse no sólo el consumo mensual de energía sino los cambios diarios en el uso en detalle (Yarbrough, 2015). Además, con la visualización de las condiciones de operación de los equipos, las condiciones de operación impropia pueden ser determinadas.

Los medidores electrónicos multifunción permiten medir corriente y tensión, además de otras funciones adicionales que pueden observarse en tiempo real en el medidor o que pueden almacenarse en una memoria adicional al equipo de medición y posteriormente hacer el análisis relativo a las mediciones realizadas (García y Maqueda, 2015).

Una vez que se obtienen las curvas de consumo de los diferentes equipos/electrodomésticos/luminarias, se puede detectar fácilmente cuando un equipo no está operando correctamente o si su consumo es demasiado alto, por ejemplo.

En la Figura 4 se ilustra un ejemplo de consumo de energía típico en una oficina con equipos instalados para su funcionamiento, tales como computadoras, impresoras, monitores, plotter, cafetera y refrigeradora (Menezes, 2014). De la figura se observa que

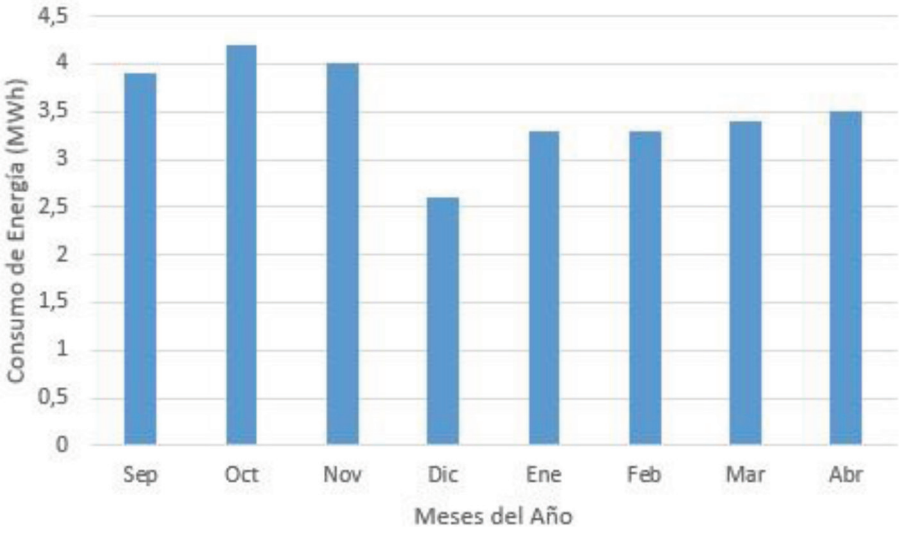


Figura 4 – Consumo de energía obtenida con los equipos para visualización.
Fuente: Menezes (2014)

el mes de diciembre es dónde se registra menor consumo de energía, probablemente debido a las vacaciones de la empresa. De igual forma se observa que durante los meses de octubre y noviembre es dónde se registra mayor consumo de electricidad.

3.3. Aires Acondicionados

Los aires acondicionados son los principales consumidores de energía en cualquier edificación. Se recomienda ajustar el termostato, ya que es una estrategia fácil de implementar y muy efectiva para el ahorro de energía (Wang et al., 2013).

Utilizando esta estrategia de ajustar el termostato de los aires acondicionados, se determinó que, en un cuarto de computación, por ejemplo, la temperatura del aire se puede llevar a 28 °C sin causar ningún daño en los equipos (Yamamoro y Abe, 2014).

Wang et al., realizan un estudio en donde sí se ajusta la temperatura 1ºC, la potencia eléctrica puede reducirse en aproximadamente un 10%, tal y como se observa en la Tabla 4. Una práctica efectiva para lograr este objetivo consiste en difundir esta recomendación en todos los usuarios o colocarla en un lugar visible alrededor del equipo

Mes	Consumo de energía por unidad de área a 24°C (kWh/m²)	Consumo de energía por unidad de área a 25°C (kWh/m²)	Consumo de energía por unidad de área a 26°C (kWh/m²)
Enero	2.328	2.116	1.923
Febrero	2.104	1.898	1.722
Marzo	2.334	2.120	1.930
Abril	2.183	2.009	1.849
Mayo	1.949	1.793	1.654
Junio	1.887	1.747	0.625
Julio	1.869	1.781	1.705
Agosto	1.863	1.723	1.601
Septiembre	1.834	1.705	1.594
Octubre	1.930	1.783	1.667
Noviembre	2.003	1.847	1.715
Diciembre	2.314	2.127	1.974

Tabla 4 – Consumo de energía por unidad de área para diferentes temperaturas. Fuente: Wang et al. (2013).

Adicionalmente, se recomienda no utilizar sistemas de calefacción o enfriamiento en épocas con clima moderado (primavera y otoño), en su lugar abrir las ventanas o utilizar ventiladores, iniciar la operación de los equipos de aire acondicionado tan tarde como sea posible y apagar los equipos de aire acondicionado 30 minutos antes de abandonar la habitación ya que el cambio en la temperatura interior de una habitación 30 minutos después de apagar el aire acondicionado es menos de 1ºC (Kolokotroni M. y Aronis A., 1999).

Otra recomendación es incrementar la frecuencia de limpieza de los filtros en los equipos ya que el sucio puede causar obstrucciones, lo cual aumentará la potencia del equipo y causa un aumento en el consumo de energía. Si los filtros de los equipos de aire acondicionado no se limpian por un año, se dice que el consumo de energía se incrementa en un 10%. La limpieza regular de los equipos ubicados en áreas externas tiene también efectos en el ahorro de energía (Zhang et al., 2018).

3.4. Recubrimiento de los equipos ubicados en exteriores

La luz solar directa en un equipo ubicado en el exterior incrementa la temperatura ambiente y empeora la eficiencia del aire acondicionado, por lo tanto, se debe proteger el equipo. De ser posible, instalar el equipo en el exterior bajo sombra. Se debe tener en cuenta: no obstruir la entrada de aire, no permitir que el aire caliente que sale del equipo vuelva a entrar al mismo y asegurarse que los materiales protectores no se desprendan en caso de fuertes vientos, en caso que el equipo esté colocado en azoteas (Zhang et al, 2018).

3.5. Uso de Cortinas o Paneles

El calor que entra y sale por las ventanas es muy grande y causa un incremento en la energía del aire acondicionado. Se recomienda cerrar las persianas y las cortinas durante el tiempo en que se recibe la luz solar directa y cerrar las persianas y cortinas durante el tiempo en que se finaliza el trabajo hasta la mañana siguiente. De igual forma, se recomienda la instalación de paneles en el exterior de las ventanas para reducir la carga de los aires acondicionados (Shultz et al., 2012).

La Figura 5 presenta un modelo de instalación de paneles alrededor de las edificaciones.

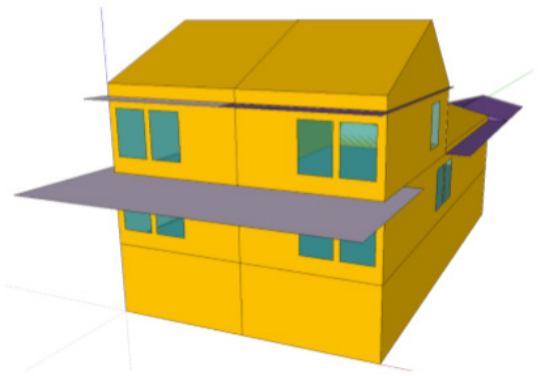


Figura 5 – Paneles instalados alrededor de las ventanas de una edificación.
Fuente: Shultz et al. (2012).

La Tabla 5 presenta un ejemplo de la reducción en el consumo de electricidad al usar paneles instalados alrededor de las ventanas de una edificación. Se obtiene un ahorro de 3.34% en la factura de electricidad (Shultz et al., 2012).

	Sin panel	Con 3 paneles instalados
Demanda (kJ)	737,489	702,909
Consumo de Electricidad (kWh)	204,9	195,3
Valor Factura	$29.41	$28.43
Reducción en la Factura		3.34%

Tabla 5 – Ejemplo de reducción de consumo de energía al utilizar paneles.
Fuente: Shultz et al. (2012).

3.6. Iluminación

Las luces pueden apagarse durante el período de tiempo en el que no se necesiten y en lugares innecesarios, como por ejemplo durante el tiempo de almuerzo y también antes y después de la jornada de trabajo. Apagar las luces en lugares iluminados con luz natural (Tanides, 2010). Considerar la instalación de sensores de movimiento. Cuando se renueven los equipos de iluminación, escoger luces tipo LED (Saavedra, 2016). Cuando se compren lámparas, escoger aquellas con menor consumo de potencia.

La Tabla 6 presenta una comparación de la eficiencia de luminarias corrientes versus la eficiencia de algunas luminarias LED, dónde claramente se puede ver una reducción en el consumo de potencia al utilizar este tipo de luminarias. Las luminarias LED duran mucho más que cualquier otro tipo de luminarias (Saavedra, 2016). Éstas duran 40 veces más que las luminarias incandescentes y 6.6 veces más que las luminarias fluorescentes compactas (Tanides, 2010).

Tipo de Luminaria	Potencia (W)	Horas de Uso	Consumo año (Kw)	Precio KW	Costo (€)	Ahorro
Incandescente	100	8	292	0.16	46.72	0 %
Bombilla LED	11	8	32.12	0.16	5.13	89 %
Tubo Fluorescente	30	8	87.6	0.16	14.01	0 %
Tubo LED	9	8	17.5	0.16	2.80	80 %

Tabla 6 – Comparación de la eficiencia de diversos tipos de luminarias. Fuente: Saavedra (2016)

3.7. Uso Adecuado de los Artefactos Eléctricos

Existe una gran cantidad de artefactos localizados en la cocina que consumen gran cantidad de energía. Se recomienda apagar los artefactos de cocina una vez que los haya utilizado, tapar las ollas y sartenes al momento de cocinar. Asimismo, se recomienda verificar el color de la llama de gas y limpiar la salida de gas. Verificar la temperatura adecuada para almacenar alimentos. Ajustar la temperatura de las neveras y congeladores cercana al límite requerido para los alimentos. Reparar cualquier fuga de aire frio en las neveras y refrigeradores. En los supermercados, se recomienda apagar la iluminación de las cavas de comida luego de culminar la jornada de trabajo (Young, 2008).

3.8. Ascensores

Si se tienen instalados múltiples ascensores, es posible operar con un número reducido durante los periodos con poca actividad. Reducir el número de ascensores operativos por las noches y días festivos. Utilizar las escaleras para llegar a pisos cercanos (De Almeida et al., 2012).

3.9. Electricidad en Modo Stand-By

Electricidad en modo stand-by es la electricidad que se consume cuando algún dispositivo se encuentra apagado. A pesar de que este consumo es bajo, si se tienen muchos dispositivos se consumirá mayor cantidad de este tipo de electricidad. Se recomienda desconectar del tomacorriente los equipos una vez que se hayan utilizado, tales como, computadores y artefactos eléctricos, utilizar fuentes de poder con switches si es difícil desconectar algún tomacorriente (Cagri y Aydinalp, 2014).

3.10. Iniciativas Basadas en la Comunidad

Las iniciativas basadas en la comunidad se utilizan para lograr un cambio en el comportamiento de los ciudadanos en pro del ambiente. Aquí, grupos de personas se reúnen y deciden un conjunto de acciones y actitudes que pueden tomarse para reducir los daños al ambiente o incrementar la eficiencia energética. Estos grupos de personas se reúnen regularmente y comparten información verídica por medio de materiales impresos y/o contacto con expertos en la materia. El grupo estudia la información disponible y decide las acciones a tomar con el propósito de reducir el impacto al medio ambiente y/o reducir el consumo de energía (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2013). Los grupos de trabajo se forman usualmente por personas del mismo vecindario, lugar de trabajo o comunidad, etc. Por lo cual se recomienda que exista previamente una relación entre los miembros, antes de iniciar el trabajo. Estas iniciativas son eficientes si logran mantenerse durante un período de tiempo prolongado. De igual forma, los incentivos financieros son muy importantes, ya que permiten un ahorro significante de dinero y se motiva a las personas a mantener un comportamiento adecuado puesto que existe un incentivo adicional. Sin embargo, este tipo de iniciativas puede no ser tan efectivo en comunidades con bajo ingreso económico o con diversidad étnica, donde se hace difícil el motivar a las personas al ahorro energético.

Un ejemplo de estas iniciativas basadas en la comunidad es el proyecto EcoTeam, el cual se lleva a cabo en los Países Bajos y el Reino Unido. En el Reino Unido, los grupos de personas se reunieron una vez al mes por cinco meses con tópicos predeterminados, bajo el auspicio de personal calificado o voluntarios entrenados, y los asistentes fueron adiestrados con la información necesaria y fueron motivados a explorar, discutir y compartir información. Para el año 2008, un total de 3.602 consumidores británicos habían participado en los EcoTeams, y el consumo energético de 1.096 consumidores estaba disponible. El programa Danés ha sido evaluado extensivamente en un reporte longitudinal (donde las personas son evaluadas en un período de tiempo largo) de 153 consumidores residenciales por medio de cuestionarios y mediciones de energía, desechos y uso de agua (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2013).

3.11. Campañas de Promoción

Las campañas de promoción o de comunicación van dirigidas a un público específico con información relevante que abarca varios tipos de iniciativas: campañas en medios de comunicación, centros de información, entrenamiento, folletos, etc. Estos instrumentos se utilizan para sensibilizar sobre el consumo de energía, la tecnología disponible y los potenciales de la eficiencia energética (Nordelo, 2014). Estas campañas son desarrolladas por gobiernos locales o por otros actores locales, tales como, el proveedor de energía o asociaciones de vecinos (Cadena, 2014).

El suceso de estas campañas depende de varios factores: objetivos nacionales en materia de eficiencia energética, el cómo se comunica el progreso hacia el logro de los objetivos y los planes institucionales para promocionar y monitorear la eficiencia energética (Cadena, 2014).

4. Conclusiones

La eficiencia energética es indispensable para lograr el desarrollo sustentable de las generaciones futuras. Para ello es aconsejable moderar la demanda de energía en el futuro, fomentar el crecimiento económico sostenible y proveer medidas apropiadas para reducir el cambio climático.

Aunque en la actualidad se están creando Leyes que promueven el incremento en la eficiencia energética, estas no están cumpliendo su objetivo. Existen muchas barreras para lograr dicha eficiencia, principalmente debido a falta de promoción por parte de las instituciones, incentivos financieros y económicos, falta de información, conocimiento y tecnología.

En el estudio realizado se presentan algunas medidas que pueden tomarse en materia de eficiencia energética en el Ecuador, en los sectores residencial, comercial y público, ya que dichas medidas son aplicables en los tres sectores.

Las medidas más sencillas de implementar son aquellas que involucran bajo costo de implementación.

Se recomienda la puesta en práctica del plan aquí propuesto, con su respectiva evaluación en términos, por el ejemplo, del ahorro de energía, ahorro económico, etc. Para ello es necesario establecer un ente responsable de la ejecución de dicho plan. En el sector residencial, el jefe del hogar puede ser el encargado de llevar a cabo dicho plan. En los sectores comercial e industrial puede designarse una persona (o una comisión) con suficiente conocimiento en materia de eficiencia energética.

Referencias

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2013). Achieving energy efficiency through behaviour change: what does it take?, EEA Reporte Técnico. Nº 5.

Agencia Internacional de Energía. (2017). Indicadores de Eficiencia Energética. Disponible en: *https://www.iea.org*.

Alvarado R., Iglesias S. (2017). Sector externo, restricciones y crecimiento económico en Ecuador. *Problemas del Desarrollo*, 48(9), 83-106, ISSN 0301-7036, https://doi.org/10.1016/j.rpd.2017.11.005.

Bertoldi, P., & Atanasiu, B. (2007). Electricity consumption and efficiency trends in the enlarged European Union. IES–JRC. European Union.

Cadena, Á. I., González, O. V., & Báez, O. (2014). Eficiencia Energética en Colombia Estrategias y Metas. *Bogotá DC, Colombia*.

Cagri, S., & Aydinalp, M. (2014). Standby electricity consumption and saving potentials of Turkish households. *Applied Energy*, 114, 531-538, ISSN 0306-2619, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.021.

Calderón, R., Arredondo, J., Gallegos, R. & Mayagoitia, F. (2011). Electrical Consumption and C0(2) Reduction using Saving Systems and Thermal Insulation applied to Dwellings in Arid Lands of México. Información tecnológica, 22(2), 69-78. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000200008.

Canseco, M. (2010). Energías renovables en América Latina. *Fundación Ciudadanía y Valores. Madrid-España*, 1-12.

De Almeida, A., Hirzel, S., Patrão, C., Fong, J., & Dütschke, E. (2012). Energy-efficient elevators and escalators in Europe: An analysis of energy efficiency potentials and policy measures. *Energy and Buildings*, *47*, 151-158.

Energía y Sociedad. (2017). Jornada "Cuenta atrás para la Transición Energética en España". Boletin #180. Disponible en: http://www.energiaysociedad.es.

Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano. (2018). Agencia de Regulación y Control. Disponible en: *https://www.regulacionelectrica.gob.ec*.

Fernández, M. (2014). Actitud hacia un Sistema de Energía Eléctrica Prepago como Elemento de Mercadeo de este Servicio. Caso de Estudio: Municipio Naguanagua, Estado Carabobo. Trabajo de Grado, Maestría en Administración de Empresas, Mención Mercadeo, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

García, F. & Maqueda, M. Measurement of electrical energy and typification of end uses in the domestic sector. (2015). *Medicion de energia electrica y tipificacion de usos finales en el sector domestico*. Mexico.

Jara, N. G., & Isaza, C. (2014). Programas de Eficiencia Energética y Etiquetado en el Ecuador–Revisión del Estado Actual. Memorias Ponencias 2014, 1-12.

Kolokotroni, M. & Aronis, A. (1999). Cooling-energy reduction in air-conditioned offices by using night ventilation. *Applied Energy*, 63(4), 241-253, ISSN 0306-2619, https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00031-8.

López, M. Á. F., Fernández, Y. F., Hernández, D. G., & Blanco, B. O. (2014). El factor regulación como determinante del consumo energético y de las emisiones de CO2. *Cuadernos de Economía*, *37*(104), 102-111.

Mehreen, S. Gul & Patidar, S. (2015). Understanding the energy consumption and occupancy of a multi-purpose academic building. *Energy and Buildings*, 87, 155-165, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.027.

Menezes, C., Cripps A., Buswell, R.A, Wright, J. & Bouchlaghem, D. (2014). Estimating the energy consumption and power demand of small power equipment in office buildings. *Energy and Buildings*, 75, 199-209, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.011.

Nordelo, C. A. B., Pérez, M. M., Felipe, C. P. V., Delgado, N. O., & Soldatti, M. E. (2014). Barreras y factores claves para promover la eficiencia energética en la industria. *Universidad y Sociedad*, *6*(2).

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2018). NEC-HS-EE: Eficiencia Energética. Disponible en: *https://www.habitatyvivienda.gob.ec.*

Olsen, C. S. (2015). Visualization of Energy Consumption: Motivating for a Sustainable Behaviour Through Social Media. *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, 641-645.

Organismo Internacional de Energía Atómica OIEA, (2008). Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible: Directrices y Metodologías. *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, Agencia Internacional de la Energía, EUROSTAT y Agencia Europea del Medio Ambiente*.

Organización Latinoamericana de Energía OLADE. (2019). Eficiencia Energética. Disponible en: *http://www.olade.org*.

Saavedra, E., J. Rey, F., & Luyo, J. (2016). Sistemas de Iluminación, situación actual y perspectivas. *TECNIA*, *26*(2), 44. https://doi.org/10.21754/tecnia.v26i2.57.

Shultz, J., Witmer, L., Rey, J. E., & Brownson, S. (2012). Impact of shade on HVAC energy consumption in buildings: a residential case study. *The Pennsylvania State University*, *8*.

Plan Nacional del Buen Vivir. (2017). Consejo Nacional de Planificación. Disponible en: *https://www.gobiernoelectronico.gob.ec*

Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador. (2016). Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Disponible en: https://www.celec.gob.ec

Poveda, M. (2007). Eficiencia energética: recurso no aprovechado. OLADE. Quito.

Tanides, C., & Furfaro, H. I. (2010). Iluminación eficiente en el sector residencial argentino: evolución y perspectivas futuras. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 14, 07-55.

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2010). Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales (proure), Plan de Acción Indicativo 2010-2015. *Resumen Ejecutivo*, Ministerio de Minas y Energía de Colombia, Bogotá, Colombia.

Wang, N., Zhang, J., & Xia, X. (2013). Energy consumption of air conditioners at different temperature set points. *Energy and Buildings*, *65*, 412-418.

Yarbrough, I., Sun, Q., Reeves, D. C., Hackman, K., Bennett, R., & Henshel, D. S. (2015). Visualizing building energy demand for building peak energy analysis. Energy and Buildings, 91, 10-15.

Yamamoro, M., & Abe, T. (2014). The new energy-saving way achieved by changing computer culture (saving energy by changing the computer room environment). *IEEE transactions on power systems*, *9*(3), 1563-1568.

Young, D. (2008). When do energy-efficient appliances generate energy savings? Some evidence from Canada. *Energy Policy*, *36*(1), 34-46.

Zhang, Y., Wang, X., & Hu, E. (2018). Optimization of night mechanical ventilation strategy in summer for cooling energy saving based on inverse problem method. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy, 232(8), 1093–1102. https://doi.org/10.1177/0957650918766691.

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

Recebido/Submission: 10/09/2019
Aceitação/Acceptance: 02/11/2019

Reclutamiento y selección de talento humano basado en Competencias para proyectos tecnológicos, caso práctico proyecto CIV

Patricio Coba[1], Joe Carrión[1], Mario Pérez[1], Fausto Ibarra[1]

ecoba@uisrael.edu.ec, jlcarrion@uisrael.edu.ec, mperez@uisrael.edu.ec, fibarra@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, Quito, Ecuador.

Pages: 31–46

Resumen: En el presente artículo se muestra la aplicación de una propuesta de selección y reclutamiento de los integrantes del equipo de trabajo en un proyecto tecnológico, caso práctico Centro de Información Virtual (CIV). Se requiere cubrir las áreas de: desarrollo de software, arquitectura de software, administración de infraestructura y aseguramiento de la calidad, en las cuales el contar con personal más calificado permitirá un buen resultado. Se aplica un modelo de gestión por competencias buscando que los integrantes desarrollen habilidades blandas y duras. Se muestra las necesidades del estudio, las competencias requeridas, la aplicación de los procesos, los resultados de la aplicación práctica y las conclusiones.

Palabras-clave: competencias, proyectos tecnológicos, desarrollo de software, información.

Recruitment and selection of human talent based on Competences for technological projects, case study CIV project

Abstract: This article shows the application of a proposal for the selection and recruitment of work team members in a technological project, case study Centro de Información Virtual (CIV). It is required to cover the areas of: software development, software architecture, infrastructure management and quality assurance, in which having more qualified personnel will have a good result. A competency management model is applied looking for the members to develop soft and hard skills. It shows the needs of the study, the skills required, the application of the processes, the results of the practical application and the conclusions.

Keywords*:* competences, technological projects, software development, information.

1. Introducción

Los proyectos de desarrollo de software requieren no solamente de un equipo de trabajo con habilidades de programación, es necesario un conjunto de especialistas de

diferentes áreas, los cuales puedan construir una solución integral. El proyecto Centro de Información Virtual (CIV) de la Universidad Israel (UISRAEL) está orientado para desarrollar una plataforma considerada, software como servicio "software as service". El CIV requiere de talento humano competente para cada área (desarrollo de software, arquitectura de software, infraestructura, aseguramiento de la calidad) y después del estudio de varias alternativas se decidió escoger un modelo basado en competencias con los objetivos de desarrollar un software de calidad, eficiente y acoplado a los requisitos, y el permitir a los estudiantes desarrollar sus habilidades profesionales y personales para así enfrentarse al mundo laboral con éxito.

1.1. Gestión del talento humano en proyectos Tecnológicos (TI)

En la actualidad, la gestión del talento humano en empresas medianas y grandes en el mundo lo realizan orientadas a modelos por competencias, del estudio realizado en México sobre 481 empresas, el 100% trabaja con ese enfoque (CIDAC, 2014). Al aplicar un modelo de gestión por competencias se buscan que el personal tenga habilidades profesionales y personales, que posean capacidades para resolver problemas de su perfil profesional y así también los que involucran a las relacionales personales y grupales. Esta gestión asegura que los proyectos tengan una probabilidad de éxito mayor.

1.2. Proyectos TI como parte de la Vinculación con la sociedad en la Universidad Israel

La forma de vincular a la universidad con la sociedad en la UISRAEL es a través de la ejecución de proyectos, los cuales se encuentran enmarcados en convenios de cooperación. Proyectos que buscan resolver problemas y necesidades de empresas públicas o privadas contando con el esfuerzo de docentes y estudiantes de octavos niveles de diferentes carreras. Con ello se ha logrado involucrar a la universidad con gobiernos locales, provinciales e instituciones privadas, dando como resultados la mejora de procesos, capacitar a la comunidad, actualizar tecnologías, entre otros, adicionalmente el estudiante logra cubrir el requerimiento obligatorio de cumplir con las horas de vinculación. En este contexto se creó el proyecto CIV en el que se involucran profesionales y estudiantes de las carreras de sistemas de información, administración de empresas, marketing y diseño gráfico.

1.3. Necesidad de aplicar un proceso de reclutamiento y selección de Talento Humano, estudiantes, en proyectos de vinculación

La gestión por competencias "profundiza en el desarrollo e implicación de las personas (Capital Humano), ayudando a elevar a un grado de excelencia las competencias de cada uno de los individuos envueltos en el quehacer de la organización" (Castillo & Pino, 2012). Por lo tanto, en la búsqueda de proyectos exitosos la gestión del talento humano es imperativo y dentro de ello el proceso de reclutamiento y selección como paso inicial.

Existe un doble propósito en aplicar la gestión del talento humano por competencias en el proyecto CIV, contar con el personal mejor calificado en la parte técnica *hard skills* y preparar a los estudiantes a perfeccionar sus habilidades de empleabilidad al enfocarse

en las *soft skills*, todo esto con efecto posterior a mejorar la calidad de vida de la sociedad, como lo indica (Tito & Serrano, 2016).

Es importante el desarrollo de competencias blandas y duras en el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la ejecución de proyectos universidad-empresa (Gómez, Manrique-Losada, & Gasca-Hurtado, 2015). Todo lo mencionado en un ambiente real para que los estudiantes se enfrenten con los problemas que en su vida laboral tendrán (Soska, Schroll-Decker, & Mottok, 2014). Como lo dice (Robles, 2012), los empresarios buscan que los futuros colaboradores tengan habilidades como comunicación, cortesía, flexibilidad, integridad, honestidad, actitud positiva, responsabilidad, trabajo en equipo, entre otras, ya que con ello aseguran de manera más real que su desempeño laboral será mejor.

1.4. Proyecto Centro de Información Virtual (CIV) como caso práctico

El proyecto de investigación-vinculación CIV tiene como propósito crear una plataforma con las siguientes características:

- Plataforma de software que permita el registro de conjuntos de datos de productos y servicios asociados a Gremios o entidades públicas y/o privadas del Ecuador, fase inicial con datos del Ministerio de Productividad del Ecuador (MIPRO).
- Servicio desplegado en la nube, operativo 24/7. Planeado para permitir el acceso en su primera fase a cerca de 3500 usuarios.
- Software multiempresa y parametrizable. En la primera fase se trabaja con datos del MIPRO, y luego se podrá trabajar con cualquier institución proveedora de datos.
- Acceso a los servicios (información) a través de QR u otro mecanismo.
- Registro de productos, servicios, clientes, eventos, etc. organizados por categorías y subcategorías.

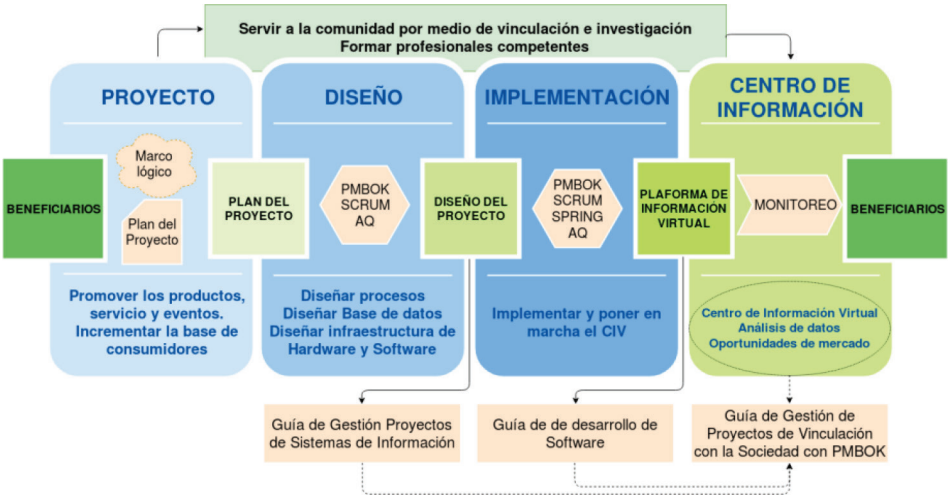


Figura 1 – Diagrama de las etapas del proyecto y productos académicos esperados.

- Motor de búsqueda de información inteligente, para lo cual se aplican técnicas de inteligencia artificial.
- Seguridad de acceso avanzado y auditoría del sistema: acceso, actualización, eliminación de registros por usuario y registro.
- Infraestructura en la nube con arquitectura de hardware y software escalable, robusta y segura.

La Figura 1 muestra las etapas del proyecto, las metodologías, herramientas tecnológicas que se requieren, los productos a obtener y objetivos.

Para desarrollar la plataforma CIV, se requiere de las siguientes áreas a cubrir por estudiantes y docentes de la UISRAEL, mostrada en la Tabla 1:

Áreas a cubrir
Base de datos
Infraestructura
Arquitectura
Codificación
Ingeniería de software
Coordinación del proyecto

Tabla 1 – Áreas a cubrir por Talento Humano para el CIV: 1 Coordinador (líder de área), 3-4 Miembros de equipo, 1 Docente investigador (revisor/ coordinador global)

2. Plateamiento del problema

El desarrollo de un proyecto tecnológico requiere de personal calificado en varias áreas, pero en el caso de los proyectos de investigación-vinculación en la UISRAEL el proceso de asignación del talento humano es deficiente debido principalmente a:

- Imposición de grupos de estudiantes a los proyectos para cumplir un requerimiento logístico del departamento de vinculación.
- Los estudiantes no son evaluados para definir cuáles son sus competencias blandas y duras.
- Asignación de estudiantes a programas de vinculación no afín al currículo de sus carreras.
- Rotación de estudiantes, cada semestre se cambia de grupos.
- Tiempo de ejecución del proyecto por grupo de estudiantes muy corto.

Todo eso conlleva a que los proyectos tengan varios inconvenientes como:

- Actividades inconclusas y/o demora en la entrega de productos.
- Insatisfacción en los stakeholders.
- Las áreas donde son ubicados los estudiantes no permiten desarrollar sus habilidades profesionales.
- Los estudiantes no desarrollan habilidades profesionales y personales que les permitan desarrollarse apropiadamente en el campo laboral.

Esa deficiencia puede ser manejada si se aplica un modelo de selección y reclutamiento del personal basado en competencias, pero enfocados a cubrir las áreas que requiere el proyecto tecnológico de software. Un estudiante que participe en un área de un proyecto acorde a sus competencias podrá ser mejor profesional.

3. Trabajos relacionados

El desarrollo de Modelos Basados en Competencias para Personal de Ingeniería de Sistemas (MBCPIS) ha sido estudiado ampliamente, en diferentes ámbitos: gobierno, industria y academia. Este trabajo se enfoca en un Perfil Profesional de Ingeniería de Sistemas que permita el desempeño en proyectos universitarios de vinculación con la sociedad. A continuación, en la Tabla 2 se resume los trabajos revisados acerca de MBCPIS. Han sido seleccionados en base a los siguientes criterios: (a) Aplicación: Los autores proponen la Aplicación de un modelo determinado, (b) Modelo: Proponen un MBCPIS para requerimientos que han definido, y (c) Estudio: Verifican, revisan, comparan modelos o exponen casos. En los trabajos analizados no se documenta experiencias de aplicación a proyectos de vinculación con la sociedad, asunto que ha sido declarado como una necesidad en el planteamiento del problema del presente trabajo, por lo que resulta relevante documentar el trabajo realizado como experiencia de aprendizaje para el trabajo futuro de la Universidad y del proyecto CIV.

N.	Resumen	Grupo	Tipo
1	*Presenta un modelo para carreras de ingeniería y como verificar las competencias. (White, 2016)*	Aplicación	Gobierno
2	*Expone la importancia de las competencias de ingeniería y economía para los sistemas industriales del futuro. (Gitelman, 2017)*	Aplicación	Academia
3	*Indica que la educación de ingeniería en Europa y Rusia no ponen atención a la formación y desarrollo de las competencias sociales y psicológicas. (Ishkov, 2015)*	Aplicación	Academia
4	*Analiza las competencias de ingeniería en la Industria 4.0. (Prifti, 2017)*	Aplicación	Academia
5	*Propone un modelo y su aplicación para Ingenieros de Software, como herramienta para procesos de selección en las industrias de software. (Moustroufas, 2015)*	Aplicación	Academia
6	*Resumen los modelos Aprender-Haciendo, Aprender-observando y Aprendizaje por comprensión/Abstracción. (Lee & Reeves, 2017)*	Aplicación	Academia
7	*Expone el desajuste entre los logros educativos y las necesidades de la industria. (Peng, Zhang, & Gu, 2016)*	Aplicación	Academia
8	*Define y aplica un modelo para medir la eficacia de los estudiantes versus las competencias que se necesitan para la industria de ingeniería. (Xu, 2019)*	Aplicación	Academia
9	*Expone la aplicación de un modelo para alinear planes de estudio con las necesidades profesionales. (McPherson, y otros, 2016)*	Aplicación	Academia
10	*Expone un modelo de competencias para ingeniería en Seguridad de la Información. (Gelosh, Snoderly, Heisey, & Nidiffer, 2015)*	Modelo	Academia

N.	Resumen	Grupo	Tipo
11	*Expone una investigación para verificar el modelo y método propuesto por la OPM (U.S. Office of Personnel Management) (Abdulwahed, 2017). (Elmaleh J. y., 2017)*	Verificación	Academia
12	*Propone modelo para definir un perfil profesional para Programación Orientada a Objetos.(Kramer, Hubwieser, & Brinda, 2016)*	Modelo - Programación	Academia
13	*Propone 2 áreas de conocimiento en El currículo de la titulación de Sistemas Informáticos en función de las exigencias actuales de la educación, innovación e industria. (Quezada, Enciso, Solano, Barba, & Garbajosa, 2015)*	Currícula Propuesta	Academia
14	*Propone desarrollar una ontología que ayudaría a identificar la brecha entre el empleado y las competencias laborales. (Zainal, 2017)*	Modelo	Academia
15	*Estudia la implementación práctica del enfoque orientado a la competencia en los cursos universitarios de ingeniería de software. (Zaitseva y Misnevs, 2019)*	Análisis	Academia
16	*Desarrolla un modelo de competencia de conocimiento para profesores técnicos vocacionales. (Boonsri, Tangdhanakanond, & Kanjanawasee, 2018)*	Modelo	Academia
17	*Desarrolla un modelo de competencia de conocimiento para profesores técnicos vocacionales. (Ruiz, Víquez, & Toaza, 2019)*	Aplicación	Academia
18	*Plantea una propuesta de evaluación de habilidades blandas en la enseñanza de la ingeniería de software cuando la ejecución de proyectos universidad-empresa. (Alvarez, Losada, & Hurtado, 2015)*	Aplicación	Academia

Tabla 2 – Trabajos relacionados analizados

4. Metodología de selección por competencias

No existe un método estandarizado para definir las competencias que se requiere para administrar el talento humano, hay muchas definiciones y modelos, sin embargo, todas tienen puntos en común como el conocimiento, habilidades cognitivas y prácticas llamadas *hard skills*, además de las competencias propias del ser humano como las emocionales, motivacionales, actitudes y de valor y éticas llamadas *soft skills*. Sobre cada una de estas competencias se debe definir exactamente qué se requiere y cómo evaluarlas para seleccionar al talento humano mejor calificado en cada área de trabajo, es por ello que se ha escogido el modelo propuesto por la Asociación Americana de Sociedades en Ingeniería (AAES) y el departamento de trabajo de los Estados Unidos (USDOL) del 2017 que contiene un esquema completo de las competencias blandas y duras para las áreas técnicas (de ingeniería) que debe poseer un futuro colaborador, modelo que se lo adaptó a las necesidades del proyecto CIV, añadiendo las competencias requeridas en las áreas técnicas.

4.1. Propuesta de competencias duras para el proyecto CIV

La Figura 2 (AAES,2019) muestra el modelo genérico de competencias para las ingenierías añadiendo los grupos de competencias específicas que se requieren para

las áreas de trabajo del CIV (Capa 5) como son: desarrollo de software (base de datos, codificación ingeniería de software), administración de infraestructura, arquitectura de software y aseguramiento de la calidad del software y servicio.

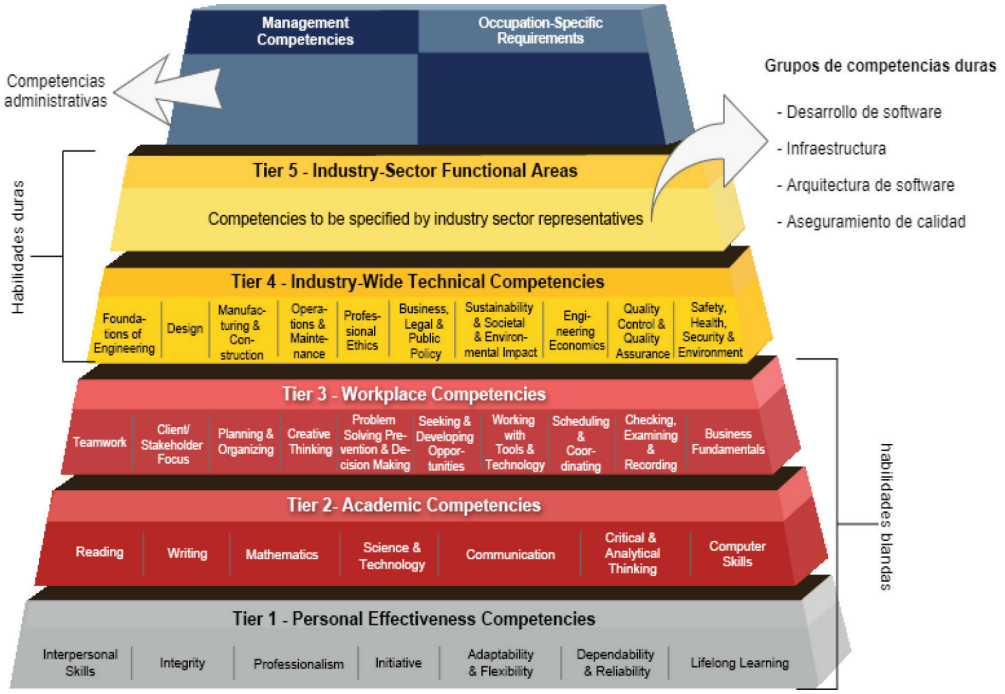


Figura 2 – Modelo de competencias en ingenierías adaptado

En la Tabla 3 (AAES,2019) se muestra el modelo adaptado para el CIV detallando cada uno de los grupos de competencias por capas, su codificación, el grupo de competencias y la cantidad de competencias definidas.

PERSONALES EFECTIVAS (Capa 1)					
S.CP.01	Habilidades interpersonales	4	S.CP.05	Adaptabilidad y flexibilidad	2
S.CP.02	Integridad	4	S.CP.06	Confianza y confiabilidad	4
S.CP.03	Profesionalismo	4	S.CP.07	Aprendizaje permanente	5
S.CP.04	Iniciativa	5			
COMPETENCIAS ACADÉMICAS (Capa2)					
S.CA.01	Lectura	4	S.CA.05	Comunicación	4
S.CA.02	Escritura	3	S.CA.06	Pensamiento crítico y analítico	2
S.CA.03	Matemáticas	3	S.CA.07	Habilidades computacionales	4
S.CA.04	Ciencia y Tecnología	2			

LABORALES (Capa 3)					
S.CL.01	Trabajo en equipo	4	S.CL.06	Buscar y desarrollar oportunidades	2
S.CL.02	Enfoque hacia los clientes e involucrados	3	S.CL.07	Trabajo con herramientas y tecnología	3
S.CL.03	Planeación y organización	3	S.CL.08	Programación y coordinación	2
S.CL.04	Pensamiento creativo	3	S.CL.09	Comprobar, examinar y grabar	5
S.CL.05	Resolución y prevención de problemas y toma de decisiones	5	S.CL.10	Fundamentos empresariales	3
COMPETENCIAS TÉCNICAS AMPLIAS (Capa 4)					
H.CT.01	Fundamentos de ingeniería	6	H.CT.06	Negocios, Leyes y políticas públicas	5
H.CT.02	Diseño	7	H.CT.07	Sustentabilidad e impacto en sociedad y ambiente	10
H.CT.03	Manufacturación y construcción	7	H.CT.08	Economía en Ingeniería	18
H.CT.04	Operaciones y mantenimiento	13	H.CT.09	Control de calidad y Aseguramiento de calidad	15
H.CT.05	Ética profesional	20	H.CT.10	La Seguridad, Salud, Seguridad y medio ambiente	8
DESARROLLO DE SOFTWARE					
H.DS.01	Ingeniería de Software	6	H.DS.03	Base de datos	5
H.DS.02	Diseño	3	H.DS.04	Codificación	6
INFRAESTRUCTURA					
H.IE.05	Arquitecturas Cloud	3	H.IE.08	Tunneling, VPN,	2
H.IE.06	Servicios IOT	3	H.IE.09	Configuración de versiones y subversiones (Tortoise SVN)	3
H.IE.07	Configuración de servidores Linux, configurar y administrar servidores de aplicaciones Wildfly	5			
ARQUITECTURA DE SOFTWARE					
H.AS.01	Conceptos de arquitectura de software	2	H.AS.03	Frameworks MVC orientados a Java	3
H.AS.02	MVC	3	H.AS.04	Manejo de independencia de BD y plataforma	3
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD					
H.AC.01	ISO/IEC 90003:2004	1	H.AC.04	Inglés nivel Intermedio	1
H.AC.02	JUNIT	2	H.AC.0.5	Integración	2
H.AC.03	Pruebas de medición	2			
AMINISTRACIÓN DEL PROYECTO (Administración)					
G.AP.01	Dotación de personal	3	G.AP.09	Desarrollo y mentoría	6

G.AP.02	Informar	3	G.AP.10	Planificación Estratégica / Acción	5
G.AP.03	Delegar	3	G.AP.11	Preparación y evaluación de presupuestos	5
G.AP.04	Redes	3	G.AP.12	Aclarando Roles y Objetivos	4
G.AP.05	Monitoreo de trabajo	4	G.AP.13	Manejo de conflictos y trabajo en equipo	4
G.AP.06	Emprendimiento	5	G.AP.14	Desarrollando una Visión Organizacional	4
G.AP.07	Apoyando a otros	4	G.AP.15	Recursos de monitoreo y control	4
G.AP.08	Motivación e inspiración	4			

Tabla 3 – Modelo de gestión laboral por competencias

4.2. Hard skills específicas para el desarrollo de un proyecto tecnológico

En la tabla 4 se muestra el detalle de las competencias del grupo Desarrollo de Software, el que incluye tres subgrupos: Base de datos, codificación e ingeniería de software, ese mismo esquema se define para el resto de grupos, es decir para infraestructura, arquitectura de software.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS, GRUPO DESARROLLO DE SOFTWARE			
H.DS.03 - BASE DE DATOS			
H.DS.03.01	Normalización	H.DS.03.04	Estandarización BD
H.DS.03.02	Modelo E-R	H.DS.03.05	Programación en SQL nativo
H.DS.03.03	Integridad Referencial		
H.DS.04 - CODIFICACIÓN			
H.DS.04.01	Programación Orientada a Objetos	H.DS.04.05	PrimeFaces
H.DS.04.02	Java	H.DS.04.06	JSF
H.DS.04.03	Spring MVC, JPA, Hibernate	H.DS.04.07	Manejo de excepciones
H.DS.04.04	Criterial Query, HQL, Query con objetos		
H.DS.01 - INGENIERÍA DE SOFTWARE			
H.DS.01.01	Ciclo de vida del desarrollo de software	H.DS.01.04	Historias de usuario
H.DS.01.02	Metodologías ágiles, manifiesto ágil	H.DS.01.05	Gestión básica de proyectos
H.DS.01.03	Scrum	H.DS.01.06	Ingeniería de Requerimientos

Tabla 4 – Competencias específicas para el grupo Desarrollo de Software

Para la coordinación del proyecto se definen las competencias administrativas que serán cumplidas por estudiantes de administración de empresas y que se definen en lo más alto de la pirámide.

4.1. Proceso de selección

Para el proceso de selección se definen las siguientes fases y su respectivo orden de ejecución, lo cual se muestra en la Figura 3.

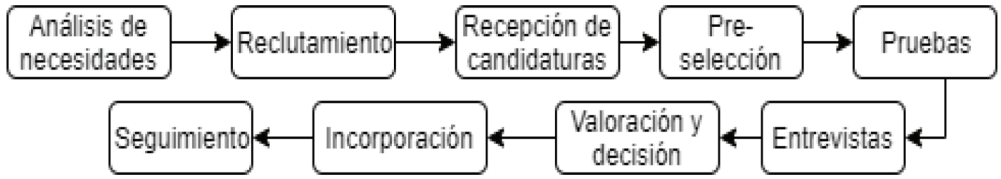


Figura 3 – Fases para el reclutamiento del talento humano para proyectos tecnológicos

Aplicando el modelo mencionado, se procedió a seleccionar a los participantes para el proyecto CIV y asignarlos en sus respectivos roles.

5. Resultados

Con la aplicación del modelo de competencias propuesto en el proyecto CIV se obtuvieron los siguientes resultados:

- Modelo de competencias duras para proyectos de software, Tabla 3, especificación de las competencias por áreas, Tabla4.
- Análisis de necesidades de personal y definición específica de los puestos de trabajo en base a habilidades blandas y duras.
- Definición de roles y responsabilidades, de acuerdo a las áreas de ingeniería.
- Aplicación del proceso de selección de estudiantes de la carrera de sistemas basado en la metodología propuesta, orientada a las áreas de desarrollo de software, arquitectura de software, infraestructura y aseguramiento de la calidad de software y servicios.
- Selección del talento humano por puesto de acuerdo al perfil de los estudiantes asignados, octavo nivel paralelo B de la carrera de sistemas de información y octavo nivel paralelo A de la carrera de administración de empresas de la UISRAEL. ANEXO 1.
- La selección de los estudiantes y docentes permitió el cumplir con el desarrollo del proyecto CIV en su fase 1 con los siguientes productos: aplicación de la metodología de desarrollo Scrum (sprint 1), análisis de requerimientos y procesos, historias de usuario, diseño de la base de datos, levantamiento de la infraestructura de prueba, diseño de la arquitectura del software, pruebas de calidad del software y servicios desarrollados.

5.1. Análisis de necesidades y definición específica de los puestos de trabajo en base a habilidades blandas y duras

La gestión y desarrollo del CIV requiere cubrir las áreas especificadas en la Tabla 1, dentro de las cuales se establecen los siguientes perfiles tanto administrativos como tecnológicos, detallando las habilidades blandas, duras y gerenciales, Tabla 5.

Perfil	Código habilidad blanda	Código habilidad dura	Gerenciales
Analista DBA	S.CP.03, S.CP.07, S.CA.03, S.CA.06, S.CL.01, S.CL.02, S.CL.04	H.CT.01, H.DS.03	
Analista Infraestructura	S.CP.01, S.CP.05, S.CP.07, S.CA.04, S.CA.06, S.CA.07, S.CL.04, S.CL.06, S.CL.07	H.CT.01, H.CT.04, H.IE.01, H.IE.02, H.IE.03, H.IE.04, H.IE.05	
Arquitecto de Software	S.CP.01, S.CP.03, S.CP.07, S.CA.03, S.CA.04, S.CA.06, S.CA.07, S.CL.01, S.CL.05, S.CL.07, S.CL.08	H.CT.01, H.CT.04, H.CT.05, H.CT.09, H.AS.01, H.AS.02, H.AS.03, H.AS.04	G.AP.05
Programadores	S.CP.01, S.CP.03, S.CP.05, S.CP.07, S.CA.03, S.CA.04, S.CA.06, S.CA.07, S.CL.01, S.CL.04, S.CL.07, S.CL.08	H.CT.01, H.CT.02, H.DS.01, H.DS.03, H.DS.04	
Analista de Sistemas	S.CP.01, S.CP.03, S.CP.04, S.CP.07, S.CA.03, S.CA.04, S.CA.06, S.CA.07, S.CL.01, S.CL.03, S.CL.04, S.CL.08, S.CL.010, H.CT.01, H.CT.02, H.CT.04, H.CT.09	H.DS.03, H.DS.04.01, H.DS.04.02, H.DS.04.03, H.DS.05	G.AP.02, G.AP.05
Gestor de Proyectos	S.CP.01, S.CP.02, S.CA.01, S.CA.05, S.CL.01, S.CL.10	H.AC.01, H.DS.01.01, H.CT.09, H.CT.10	G.AP.02, G.AP.03, G.AP.05, G.AP.07, G.AP.010, G.AP.12, G.AP.14
Líder DBA	S.CP.01, S.CP.03, S.CA.03, S.CA.07, S.CL.01, S.CL.03, S.CL.07, S.CL.08	H.CT.01, H.DS.03, H.DS.01, H.CT.09	G.AP.01, G.AP.03, G.AP.05, G.AP.10
Líder Infraestructura	S.CP.01, S.CP.05, S.CP.07, S.CA.04, S.CA.06, S.CA.07, S.CL.04, S.CL.06, S.CL.07	H.IE.01, H.IE.02, H.IE.03, H.IE.04, H.IE.05	G.AP.01, G.AP.03, G.AP.05, G.AP.10
Líder Arquitectura Software	S.CP.01, S.CP.03, S.CP.07, S.CA.03, S.CA.04, S.CA.06, S.CA.07, S.CL.01, S.CL.05, S.CL.07, S.CL.08	H.CT.01, H.CT.04, H.CT.05, H.CT.09, H.AS.01, H.AS.02, H.AS.03, H.AS.04	G.AP.01, G.AP.03, G.AP.05, G.AP.10
QA (Aseguramiento Calidad)	S.CP.03, S.CP.06, S.CP.07 S.CL.01, S.CL.07, S.CL.09 S.CA.02, S.CA.07,	H.CT.09, H.AS.01, H.AS.03, H.AC.01, H.AC.02, H.AC.03, H.AC.04, H.AC.05	G.AP.01, G.AP.03, G.AP.05, G.AP.10

Tabla 5 – Codificación de las habilidades por puesto de trabajo

La Tabla 6 muestra los perfiles de los docentes para el proyecto tomando en cuenta la carga académica que desempeñan en la UISRAEL.

Código	Perfil Docente	Asignaturas dictadas en la Universidad Israel
T.BD.01	Tutor BD	Base de Datos I, II, III, Business Intelligence
T.PA.01	Tutor de Programación y Arquitectura de Software	Programación Orientada a Objetos Programación Avanzada, Móvil, Visual

Código	Perfil Docente	Asignaturas dictadas en la Universidad Israel
T.IE.01	Tutor de Infraestructura	Programación Avanzada, Infraestructura, Redes
T.QA.01	Tutor de Ingeniería y QA	Ingeniería de Software I, II, III, aseguramiento de la calidad
T.GE.01	Tutor del Proyecto	Gestión de Proyectos, Sistemas de Información

Tabla 6 – Perfiles y carga académica de docentes

5.2. Aplicación del proceso de selección

Reclutamiento: Para esta fase el departamento de Vinculación de la UISRAEL asignó estudiantes del octavo nivel de la carrera de Sistemas de Información (72) para el desarrollo y 90 de administración de empresas para la gestión del proyecto.

Recepción de candidaturas: Para el desarrollo del CIV no se receptó candidatos, se escogió de cada paralelo estudiantes para que ejecuten un proyecto. En las siguientes fases del proyecto CIV se pretende realizar este proceso.

Preselección: Para la preselección se revisaron los siguientes aspectos: número de estudiantes por paralelo, rendimiento académico (promedio), estudio de campo sobre el nivel de compromiso y responsabilidad. Todo esto en forma grupal ya que para la preselección se escoge un curso completo, no se puede seleccionar estudiantes de diferentes paralelos por políticas del departamento de Vinculación.

Pruebas: Se realizaron las siguientes pruebas para las competencias duras: desempeño y experiencia laboral, rendimiento académico, pruebas evaluativas; para las blandas se consideró las responsabilidades laborales afines al rol que se espera se cumpla en el proyecto. Por ejemplo, si trabaja en el área de desarrollo de software pertenecerá al perfil de programador. El resultado de esta fase es la selección de 24 estudiantes del paralelo B.

Entrevistas: No se realizaron entrevistas, ya que por disposición del departamento de Vinculación de la UISRAEL todos los estudiantes del paralelo seleccionado deben pertenecer al proyecto.

Valoración y decisión: se asignó un rol en base a la fase de Pruebas. En el desarrollo del proyecto fue necesario realizar ajustes a la asignación de algunos estudiantes ya que se evidenció que sus habilidades estaban orientadas hacia otras áreas de ejecución del proyecto, así como por la carga laboral propia.

Incorporación: a cada estudiante se le entregó un listado de actividades, cronograma, formatos y documentos, detallando las responsabilidades que debe cumplir, todo esto determinado en lapsos tiempos determinados. Cabe aclarar que la incorporación es solo de 4 meses, mientras dura el semestre en curso.

Seguimiento: el seguimiento de las actividades fue semanal y estuvo a cargo de los docentes y de los líderes de cada área. Aquí se evidenció que algunos estudiantes estaban mal asignados por lo que se optó por reasignarlos a otras áreas.

5.3. Definición de roles y responsabilidades

Para la gestión del talento humano en el desarrollo del CIV aplicando la metodología seleccionada se definieron los siguientes roles y responsabilidades.

No.	Rol	Responsabilidades
1	BASE DE DATOS	Diseño, Instalación y configuración de la Base de Datos del Proyecto
2	INFRAESTRUCTURA	Investigación, Implementación y Configuración del Ambiente de Producción y Desarrollo
3	ARQUITECTURA	Investigación, Implementación y Creación de la arquitectura de Software del sistema de información CIV
4	CODIFICACIÓN	Desarrollo, Implementación del Sistema de Información CIV
5	INGENIERÍA DE SOFTWARE	Levantamientos de Requerimientos, aseguramiento de la calidad del software desarrollado en el CIV
6	COORDINACIÓN DEL PROYECTO	Gestión de control y seguimiento de los involucrados en el proyecto, conexión con el dueño del proceso.

Tabla 7 – Roles y responsabilidades asignados por área de trabajo

La Figura 4 muestra la integración de los diferentes áreas y sus funciones.

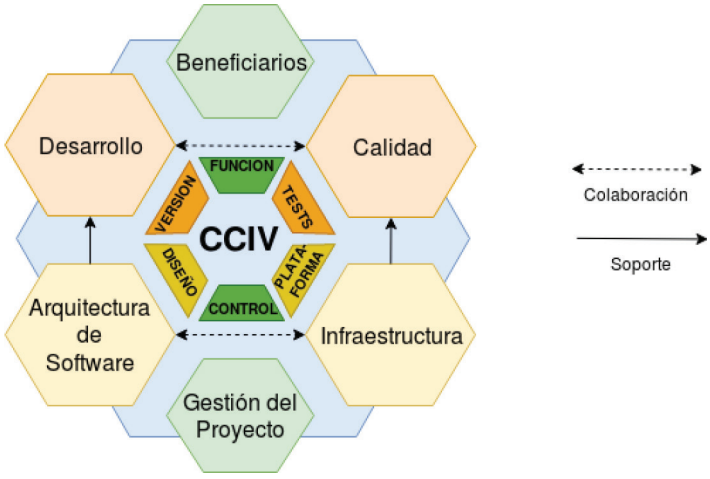


Figura 4 – Áreas y procesos del proyecto CIV

La definición de perfiles permitió estructurar el organigrama funcional del proyecto CIV, mostrado en la figura 5.

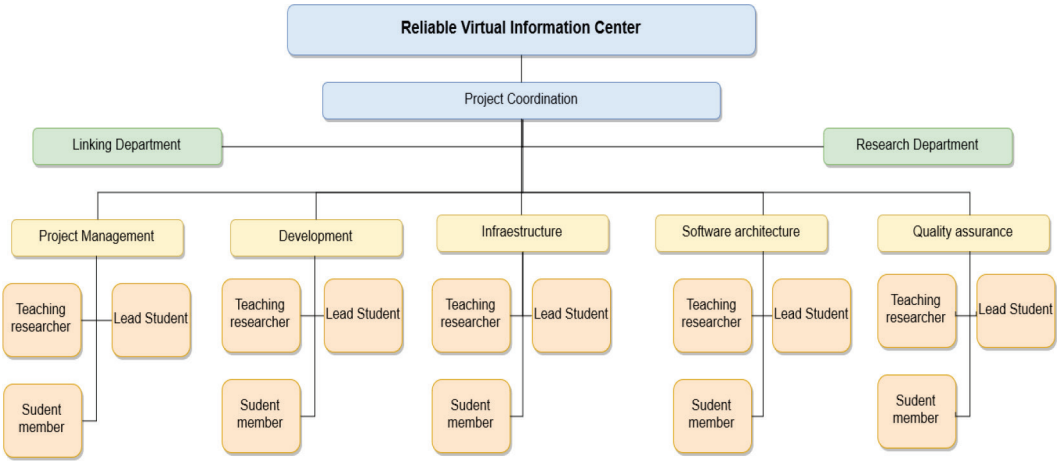


Figura 5 – Organigrama funcional para el desarrollo del proyecto CIV

6. Conclusiones

El estudio presentado aporta científicamente a la carrera de sistemas de información al proponer un modelo que se ajusta a las necesidades que tiene un proyecto tecnológico, específicamente de desarrollo de software e infraestructura, escogiendo las habilidades duras apropiadas a cada perfil y así ayudando a seleccionar de mejor forma el talento humano.

La selección y reclutamiento en proyectos tecnológicos deben estar enfocadas tanto a las competencias blandas como las duras ya que con ello se logra que los estudiantes mejoren sus habilidades profesionales y personales, y por ende crezcan sus perspectivas laborales.

Al trabajar con un grupo predefinido, donde no se puede seleccionar a los participantes por sus competencias, conduce a que el proceso tenga problemas, teniendo que reconfigurar las asignaciones, eso fue el caso en el proyecto CIV.

Los administradores de los proyectos tecnológicos deben buscar no solo competencias duras sino también blandas, inmiscuirse en el proceso de selección y realizar el seguimiento en la ejecución.

Los resultados en la ejecución de la fase 1 del proyecto CIV permite ver que se requiere aplicar el modelo completo para analizar sus resultados y proponer si es el caso mejoras al mismo.

Referencias

AAESS, Recuperado de: http://www.aaes.org/model (United States Department of Labor, 2017) el septiembre 01 de 2019.

Alvarez, M. C., Losada, B. M., & Hurtado, G. P. (2015). Propuesta de evaluación de habilidades blandas en ingeniería de software a través de proyectos universidad-empresa. *Revista Educación en Ingeniería*, 131–140.

Boonsri, S., Tangdhanakanond, K., & Kanjanawasee, S. (2018). A development of the knowledge competency model for vocational technical teachers. *Advanced Science Letters*, 4550–4553.

Castillo, R., & Pino, F. (2012). Gestión por Competencias en una empresa de Tecnología de Información (TI). *GTP Gestión de las Personas y Tecnología*, 72-80.

Elmaleh, J., & Shankararaman, V. (2017). Improving student learning in an introductory programming course using flipped classroom and competency framework. *2017 IEEE global engineering education conference*, 49-55.

Gelosh, D. S., Snoderly, J. R., Heisey, M., & Nidiffer, K. (2015). Version 0.5 of the proposed incose systems engineering competency framework. *Incose international symposium*, 112–138.

Gitelman, L. S. (2017). Complex systems management competency for technology modernization.

Gómez, M., Manrique-Losada, B., & Gasca-Hurtado, G. (2015). Assesment proposal of soft skills in software engineering through university-industry collaboration projects. *Educación en Ingeniería*, 131-140.

Ishkov, A. y. (2015). Emotional competency in an engineering university: yes or no? Procedia Engineering. 148–153.

Kramer, M., Hubwieser, P., & Brinda, T. (2016). A competency structure model of object-oriented programming. *2016 international conference on learning and teaching in computing and engineering (LATICE)*, 1-8.

Lee, S. J., & Reeves, T. C. (2017). Edgar dale and the cone of experience. *Foundations of Learning and Instructional Design Technology*.

McPherson, S., Anid, N. M., Ashton, W. S., Hurtado-Martín, M., Khalili, N., & Panero, M. (2016). Pathways to cleaner production in the americas ii: Application of a competency model to experiential learning for sustainability education. *Journal of Cleaner Production*, 907–918.

Moustroufas, E. S. (2015). Competency profiling for software engineers: literature review and a new model. *En Proceedings of the 19th panhellenic conference on informatics*, 235–240.

Peng, L., Zhang, S., & Gu, J. (2016). Evaluating the competency mismatch between master of engineering graduates and industry needs in China. *Studies in Higher Education*, 445–461.

Prifti, L. K. (2017). A competency model for industrie 4.0 employees.

Quezada, P., Enciso, L., Solano, L., Barba, L., & Garbajosa, J. (2015). Estructura, componentes e importancia de los cuerpos de conocimiento en el contexto de la ingeniería de software y propuesta de dos nuevas áreas de conocimiento en la currícula de la titulación de sistemas informáticos. *Revista Tecnológica ESPOL*, 5.

Rajabahadur, V. A. (2013). Automation Competency model server emerging industry and professional needs. *InTech Magazine*.

Robles, M. (2012). Executive Perceptions of the Top Soft Skills Needed in Today's Workplace. *Business Communication Quarterly*, 453-465.

Ruiz, I. H., Víquez, A., & Toaza, K. G. (2019). Percepción del estudiantado de informática acerca de las habilidades blandas en su proceso de formación como profesionales en ingeniería en sistemas. *Brazilian Journal of Development*, 5828–5841.

Tito, M., & Serrano, B. (2016). Desarrollo de soft skills una alternativa a la escasez de talento humano. *INNOVA Research Journal*, 59-76.

United States Department of Labor. (2017). *Engineering Competency Model*. Washington: United States Department of Labor.

White, C. W. (2016). Development of a systems engineering career competency model for the us department of defense. En Incose international symposium. 1864–1874.

Xu, X. (2019). Xu xinrui the self-efficacy inventory for professional engineering competency (seipec). *Purdue University Graduate School*.

Zainal, A. (2017). ICT industry integrated curricula: Towards an ontology based competency model.

Zaitseva, L., & Misnevs, B. (2019). Competency-based approach teaching software engineering. *Smart education and e-learning 2019*, 231–241.

ANEXO 1

Asignación de estudiantes y docentes por puesto en la ejecución del proyecto CIV fase 1 MIPRO en las áreas técnicas.

Área	Perfil	Estudiantes, Docentes
Base de datos	Líder DBA Analista DBA Tutor BD	1 estudiante 4 estudiantes 1 docente
Ingeniería de Software	Analista de Sistemas Tutor de Ingeniería	4 estudiantes 1 docente
Codificación	Programadores Tutor de Programación	4 estudiantes 1 docente
Arquitectura	Líder Arquitectura Software Arquitecto de Software Tutor de Arquitectura de Software	1 estudiante 4 estudiantes 1 docente
Infraestructura	Líder Infraestructura Analista Infraestructura Tutor de Infraestructura	1 estudiante 4 estudiantes 1 docente
Coordinación del proyecto	Gestor de Proyectos Tutor del Proyecto	1 estudiante 1 docente
Aseguramiento de calidad (QA)	QA (Aseguramiento Calidad) Tutor de QA	3 estudiantes 1 docente

Nota: Por cuestiones del número de estudiantes asignados (24) al proyecto CIV se juntó a las áreas de Base de datos e Ingeniería de Software en un solo grupo.

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

Recebido/Submission: 13/07/2019
Aceitação/Acceptance: 30/10/2019

Modelo de influencia del ángulo de incidencia en paredes y rendimiento de comunicaciones IEEE 802.11g

Maryoribel Reañez.[1], Fidel Parra[2], René Cortijo[3], Millard Escalona[4].

maryoribel20@gmail.com, fparra@uisrael.edu.ec, recortijo@uisrael.edu.ec, mescalona@uisrael.edu.ec

Please Provide

Pages: 47–62

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo analizar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto para el rendimiento de las comunicaciones IEEE 802.11g mediante cálculos experimentales. Fue de tipo explicativa con diseño experimental, se observó que el ángulo de incidencia afecta el rendimiento obtenido en transmisiones 802.11g, para esto fue necesario tomar 30 muestras de 100 paquetes por cada ángulo (30°, 60° y 90°) sobre un obstáculo de concreto de 12 centímetros de espesor y otras 30 muestras sin obstáculos para uso de control. Posteriormente se realizó un análisis descriptivo, comparación de medias, análisis del modelo general lineal univariante con pruebas post hoc de Games-Howell. Mediante un análisis de predicción matemático de potencia se estableció la ecuación del modelo con el fin de determinar el rendimiento sobre comunicaciones 802.11g obteniendo una ecuación de Y=0,05*(0,208x), el cual explica con una exactitud de 37,00% el modelo de influencia.

Palabras-clave: modelo de influencia; ángulo de incidencia; paredes de concreto; rendimiento de comunicaciones IEEE 802.11g; IEEE 802.11g.

Influence angle of incidence model on walls and communications performance IEEE 802.11g

Abstract: The objective of this research was to analyze the influence of the angle of incidence on concrete walls for the performance of IEEE 802.11g communications by means of experimental calculations. It was of explanatory type with experimental design, it was observed that the angle of incidence affects the yield obtained in 802.11g transmissions, for this it was necessary to take 30 samples of 100 packages for each angle (30°, 60° and 90°) on a concrete obstacle of 12 centimeters thick and other 30 samples without obstacles for use of control. Subsequently a descriptive analysis was performed, mean comparison, univariate general linear model analysis with Games-Howell post hoc tests. By means of a mathematical power prediction analysis, the model equation was determined in order to determine the performance over 802.11g communications, obtaining an equation of Y=0.05 * (0.208x), which explains with an accuracy of 37.00% the influence model.

***Keywords**:* influence model; angle of incidence; concrete walls; IEEE 802.11g communications performance; IEEE 802.11g.

1. Introducción

El auge que han tenido las redes inalámbricas ha originado que su presencia esté en cualquier parte del mundo. Este tipo de redes ofrece un gran número de beneficios, además facilidad de implementación. Su expansión comenzó debido al desarrollo en el mercado de laptops y PDA, pero con el transcurrir de los años surgieron diversas tecnologías que utilizan las señales inalámbricas para su comunicación. Estos equipos portátiles permiten cierta movilidad de los usuarios a través de toda la infraestructura donde se encuentran, sin perder la posibilidad de tener acceso a equipos de la red cableada y a los recursos pertenecientes a esta.

Con el nacimiento de las redes inalámbricas se crearon una serie de protocolos conocidos como IEEE 802.11, entre los que se encuentran los estándares 802.11 a, 802.11b, 802.11n o el más utilizado en la actualidad, el 802.11g, creado en 2003. El protocolo 802.11g brinda algunas características similares a las de su predecesor el 802.11b, como que los dos trabajan en la frecuencia 2.4GHz e incluso ambos utilizan el mismo número de canales, los canales pueden tener una anchura de 20 MHz o 22 MHz, usa capa física para la transmisión de datos. La velocidad de transmisión máxima es 54 Mbps, pudiendo variar la velocidad de trabajo dependiendo de la modulación digital empleada.

La señal de una red 802.11g, si bien puede atravesar obstáculos sólidos, una parte de dicha señal se pierde o se deforma en su trayectoria, tal como lo hace toda onda electromagnética. El ángulo de incidencia es el punto de reflexión de la señal sobre alguna superficie plana en comparación con una línea guía que debe seguir una onda normal. La forma en la que se refleja la señal puede afectar diversos factores de gran importancia dentro de una red inalámbrica. El rendimiento de una red es uno de los factores que se ven afectados por la acción de las señales de radiofrecuencia sobre diversos obstáculos e incluso en espacios abiertos. Cuando se habla de rendimiento, se dice que es una medida concreta para determinar si una red de datos en general está funcionando correctamente y si las comunicaciones se están llevando a cabo como expresan los estándares.

Diversos factores afectan el rendimiento de una red. En las redes inalámbricas se suman los factores que afecten las señales de radio, como los obstáculos, las superficies de diferentes densidades, diferentes superficies, interferencias provenientes de otras señales de radio o la naturaleza de la misma onda que se encuentra atravesando el medio. Tanto los aspectos a nivel de capa de red como los pertenecientes a la capa física deben ser tomados en cuenta a la hora de implementar una red inalámbrica.

Se necesita saber cuáles son los efectos que tienen los cuerpos sólidos y las diferentes superficies que afectan las señales u ondas de radio. No sólo el obstáculo puede interferir en el rendimiento de una señal, a su vez esta se ve afectada por otros factores, entre estos el ángulo de incidencia que tendrá la señal al entrar en contacto con la pared de concreto con relación a una línea guía conocida como normal, esto representa una variante a tener en cuenta ya que no se puede demostrar de formas teóricas como afecta este ángulo a transmisiones de radio ni cómo afectarán los fenómenos que alteran las propiedades físicas del medio.

Las señales de radio al incidir sobre ciertos materiales se debilitan por acción de fenómenos físicos de las ondas como la absorción, la refracción, la reflexión, o la dispersión de las radiofrecuencias. El concreto al ser un material denso provoca atenuaciones considerables en las redes WiFi lo que deriva en que se busque la optimización de las transmisiones de las señales modificando patrones externos a las transmisiones como es el ángulo en que incidirá la señal al obstáculo. Debido a las posibles fallas que producen los fenómenos de absorción, refracción o reflexión sobre las señales de comunicación, nace el afán de los investigadores en buscar la relación causa efecto, surgiendo una interrogante en el estándar 802.11g por ser uno de los más utilizados a nivel mundial.

Con relación a la problemática presentada, se plantea la siguiente interrogante como punto central de la investigación: ¿Cómo es la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto bajo el estándar IEEE 802.11g? a partir de allí se formuló el objetivo del trabajo, el cual consistió en modelar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto para el rendimiento de las comunicaciones IEEE 802.11g, está dirigida a brindar información actualizada a este importante campo de las redes inalámbricas.

2. Bases Teóricas

Con el objeto de presentar un análisis sobre el rendimiento de la señal para los diferentes ángulos de incidencia según el estándar IEEE 802.11g, a continuación, se desarrollan las bases teóricas, que comprenden la parte documental o referencial de la investigación, sirviendo para detectar, obtener, consultar la bibliografía y otros materiales útiles para los propósitos del estudio.

2.1. Medios de transmisión

Los medios de transmisión son el elemento por donde viajan los datos en las redes de telecomunicaciones. Conocer las características, propiedades y comportamiento de los medios disponibles es fundamental para entender el funcionamiento de las redes de telecomunicaciones. Existen dos tipos, los medios guiados y los no guiados (Santos, 2014).

En primeros los datos son transportados a través de un material que canaliza la señal transportada. Cuando se conecta dos dispositivos mediante un cable, la información viaja de un dispositivo a otro canalizada en dicho cable. Existen dos tipos de señales que se pueden utilizar para transportar datos a través de un medio guiado, las señales eléctricas y las señales ópticas. El cobre es el material que se emplea para transportar señales eléctricas y la fibra óptica es el medio que se emplea para transportar señales ópticas.

En los medios no guiados los datos viajan en forma de ondas electromagnéticas utilizando el aire como medio de transmisión. En este caso, los datos se propagan sin estar sujetos a ninguna canalización que guíe la señal. También reciben el nombre de medios inalámbricos. Son muy utilizados actualmente en las telecomunicaciones, ya que los principales servicios ofrecidos, como la televisión, radio o telefonía móvil los usan. Este tipo de medios de transmisión son los analizados en la presente investigación, en el sentido de que se determina la eficiencia del funcionamiento de una red inalámbrica en función del ángulo de incidencia en paredes de concreto según del estándar IEEE 802.11g.

2.2. IEEE 802, LAN/MAN

(López, 2018) expresa en su trabajo que IEEE 802 es una familia de estándares referentes a redes de área local (LAN) y metropolitanas (MAN). Por definición los estándares IEEE 802 se restringen a redes que transportan paquetes de tamaño variable (en contraste con las redes basadas en celdas de tamaño uniforme como ATM "Asynchronous Transfer Mode").

La familia de estándares IEEE 802 es mantenida por el comité de estándares LAN/MAN (LMSC) del IEEE que establece un grupo de trabajo individual para cada una de las 22 áreas que incluye. El IEE802.11 (LAN inalámbricas) y el IEEE 802.16 (Acceso Inalámbrico de Banda Ancha) son dos de esas áreas (Bustos, 2018).

2.3. Enmiendas 802.11

Las enmiendas contemplan principalmente las técnicas de modulación, gama de frecuencia y la calidad del servicio (QoS). Como todos los estándares 802 del IEEE, el IEEE 802.11 cubre las primeras dos capas del modelo de OSI (Open Systems Interconnection), es decir la capa física (L1) y la capa de enlace (L2). La velocidad de transmisión para el estándar IEEE 802.11 original es de 2 Mbps utilizando el esquema de transmisión FHSS y la banda de frecuencia ISM que opera en el rango de frecuencia de 2,4 GHz a 2,5 GHz. Sin embargo, bajo condiciones menos ideales, se utiliza una velocidad de transmisión menor, de 1 Mbps. Los estándares 802.11 tienen seis parámetros tal como se muestran en la tabla 1. A continuación se describe el 802.11g, el cual fue considerado para este trabajo.

Estándar	Banda de frecuencia	Máxima velocidad de transmisión
IEEE 802.11	2.4 / 5 GHz	1 Mbps
IEEE 802.11a	5 GHz	48 Mbps
IEEE 802.11g	2.4 / 5 GHz	11 Mbps
IEEE 802.11b	2.4 / 5 GHz	54 Mbps
IEEE 802.11n	2.4 / 5 GHz	600 Mbps
IEEE 802.11ac	5 GHz	1.3 Gbps

Tabla 1 – Parámetros Estándar 802.11

2.4. 802.11g

El estándar IEEE 802.11g puede operar a una velocidad de hasta 54 Mbps, pero utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz y OFDM. Es compatible con 802.11b, y puede operar a las velocidades de bits 802.11b y utilizar DSSS. Adaptadores de red inalámbrica 802.11g pueden conectarse a un punto de acceso inalámbrico 802.11b, y adaptadores de red inalámbrica 802.11b pueden conectarse a un punto de acceso inalámbrico 802.11g. Por lo tanto, 802.11g proporciona una ruta de migración para redes 802.11b a una tecnología estándar compatible en frecuencia, pero con una velocidad de transmisión más alta.

2.5. Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas se producen, fundamentalmente, al acelerar cargas eléctricas. Conforme la polaridad de la antena y la dirección de la corriente cambian

de forma periódica, los campos eléctrico y magnético alternos se propagan alejándose. Estos campos son perpendiculares a la dirección de la propagación de la onda. Por consiguiente, las ondas electromagnéticas son ondas transversales. En el vacío, todas las ondas electromagnéticas, independientemente de su frecuencia o de su longitud de onda, viajan con la misma rapidez, c = 3.00 x 108 m/s (Wilson, Bufa, & Lou, 2007). Una onda electromagnética porta energía. En consecuencia, puede efectuar trabajo y ejercer una fuerza sobre algún material con el que choca.

2.6. Reflexión de ondas

La reflexión de las ondas electromagnéticas en generales es un fenómeno de enorme importancia. La reflexión implica la absorción y la reemisión de la energía por medio de vibraciones electromagnéticas complejas en los átomos del medio reflectante. Sin embargo, este fenómeno se explica con facilidad mediante los rayos.

Cuando la superficie reflectante es lisa, los rayos reflejados originados por rayos incidentes paralelos, también son paralelos. Esta clase de reflexión se llama reflexión regular o especular. La reflexión en un espejo plano y bien pulido es especular o regular. Sin embargo, si la superficie reflectante es áspera, los rayos reflejados no son paralelos, por la naturaleza irregular de la superficie. A esta clase de reflexión se le llama reflexión irregular o difusa.

2.7. Ley de la reflexión

Según la ley de la reflexión, el ángulo de incidencia (θi) es igual al ángulo de reflexión (θr). En la figura 1 se puede notar que los ángulos se miden a partir de una normal (una línea perpendicular a la superficie reflectante). La normal y los rayos incidente y reflejado siempre están en el mismo plano.

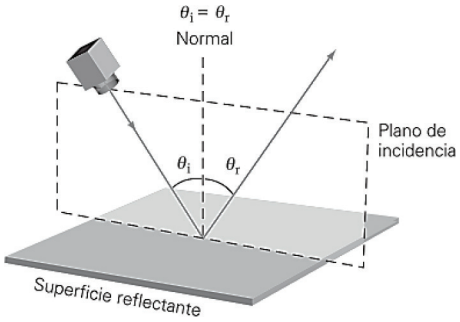


Figura 1 – Ley de reflexión. Fuente: (Wilson, Bufa, & Lou, 2007, pág. 706)

2.8. Rendimiento de la red

Comúnmente, se evalúa el rendimiento de las redes a través de parámetros de capa física, como puede ser el retardo de propagación, la relación señal a ruido, la relación señal a interferencia o la fuerza de la señal recibida (Bri, 2015). Sin embargo, pequeñas variaciones consideradas insignificantes a nivel físico, podrían suponer errores a nivel de trama o paquete y dicho impacto pasaría desapercibido con este tipo de medidas.

Además, parámetros como el número de tramas erróneas o perdidas, están directamente relacionados con la calidad que percibe el usuario final de la red.

Según (Freire, 2019) el rendimiento permite saber si una red está funcionando de manera óptima, es medido usando la velocidad de trasmisión de datos la cual es una medida concreta y de fácil cálculo. Otras formas de medir el rendimiento en una red, es la cantidad de paquetes de datos que llegan de forma íntegra desde un nodo hacia otro en la red, en el camino los paquetes de datos pueden alterarse debido a factores como interferencias, un elevado porcentaje de paquetes íntegros significan un buen rendimiento de la red. El tiempo de respuesta también es determinante en el rendimiento de una red.

2.9. Paredes de concreto.

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales) embebidos en una matriz dura de material (cemento) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas. Forma una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua (Polanco, s/f). La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Para una calidad dada de concreto, las mezclas más rígidas son las más económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía (Bustamante, Martínez, & Macías, 2018).

3. Métodos

El paradigma asumido es el cuantitativo. El tipo de investigación es explicativo, el cual según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifestó, o por qué se relacionan dos o más variables; en este sentido, se considera explicativo debido a que busca modelar la influencia del ángulo de incidencia en paredes de concreto para el rendimiento de las comunicaciones IEEE 802.11g.

Se asumió un diseño experimental, definido por (Stracuzzi & Pestana, 2012), como aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones controladas. Busca elaborar pronósticos que, una vez confirmados, se conviertan en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos. El presente estudio se considera experimental debido a que existe manipulación controlada del ángulo de incidencia de la señal sobre las paredes de concreto, para modelar su incidencia sobre el rendimiento de la red. Para realizar este análisis, se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial de los tratamientos.

Para la presente investigación, el factor es el ángulo de incidencia, fue modificado durante el experimento para obtener diversos datos para analizar. Cuando se habla de niveles se refiere a las diferentes clases o cantidades del factor, durante la presente investigación se consideran como niveles los ángulos de incidencia con los que ingresa la señal 802.11g sobre el bloque de concreto con relación a la línea normal definida por las antenas.

El modelo se define con el experimento siguiente:

$$Y_{jt=} M + T_j + E_{ik} \quad \{i = 1,2-, ak = 1,2-n\}$$

Donde:

M es el efecto promedio global

T_j es el efecto de j-ésimo nivel del factor A que es el ángulo de incidencia.

E_{ik} son los componentes de error aleatorio que tiene una distribución normal con modo "0" y varianza δ^2.

Para la recolección de datos se usó una matriz de control llamada ficha de control del experimento, donde se registró el valor obtenido durante la experimentación, para obtener datos con mayor fiabilidad y exactitud. Con respecto a los instrumentos a utilizar para la recolección de datos del experimento desarrollado en la presente investigación es necesario el uso de:

- Computador portátil DELL INSPIRON modelo XPS, Intel(R) Core (TM) i5-3337U 1,80 GHz, 4GB memoria RAM.
- Computadora de escritorio, 500 GB de disco duro, 2 GB de memoria RAM, tarjeta inalámbrica.
- Antena guía de onda: trabaja a frecuencia de 2,4 GHz con base para colocarla en una superficie plana. Ambas antenas, tanto transmisión como recepción, utilizarán la misma polaridad
- Cable coaxial para conexiones, rg-58.
- Aplicación de monitoreo de red para la obtención de los datos de la transmisión.
- Aplicación generadora de tráfico la cual será instalada en el pc clon.
- Atenuador para disminuir la potencia en la señal. En el presente caso se utilizó como atenuador el largo del cable coaxial RG-58, ya que el mismo presenta una atenuación de 1,058dB por metro.

Para cumplir con el objetivo planteado se utilizó la metodología propuesta por (Gutiérrez & De La Vara, 2008), la cual consta de cuatro fases, a saber, la primera fase: diseño del experimento; la segunda: ejecución del experimento; la tercera: análisis de los datos y la cuarta: evaluación de hipótesis.

4. Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados más relevantes de la investigación.

4.1. Fase I. Diseño del experimento

Se realizó la selección del tipo de concreto y las medidas requeridas del mismo de acuerdo a los estándares del Sistema Prefa PC catálogo de productos, pertenecientes a la empresa Holcim C.A., como base para seleccionar el tamaño del obstáculo de concreto a utilizar, el cual se seleccionó de 12 centímetros por ser de los más usados en construcción. Para la evaluación de hardware se tienen cuatro componentes, los cuales fueron evaluados según los criterios de (Márquez, 2011).

Al evaluar los resultados de base de datos de control de hardware, se seleccionaron las opciones representadas por un Desktop HP correspondiente a la opción 1 y Laptop DELL representado por la opción 2, los cuales fueron los componentes de hardware como mayor compatibilidad y disponibilidad. Con relación al sistema operativo, se seleccionó el Windows 10 Home de 64 bits instalado en la laptop Dell. Por otro lado, dentro del desktop se tiene instalado Windows 8 Pro, ambos sistemas cumplen los requerimientos para la investigación. El analizador de protocolos empleados fueron Wireshark y TFGEN.

Se dio inicio a las pruebas, desarrolladas de la siguiente manera: Las antenas se enfrentan una distancia de 75 centímetros entre ellas, específicamente desde el final de la antena, entre ambas se ubica el obstáculo de concreto, se determinaron los ángulos a trabajar, los cuales fueron 30°, 60° y 90°, además se tomó una muestra sin obstáculo la cual sirvió de control. Debido al experimento de (Gañán, 2019) donde utilizan algunos ángulos para el estudio, observando que existen similitudes de media entre varios, lo cual permitió a la presente investigación separar los ángulos en las cantidades expresadas.

Con TFGEN y Wireshark se realizaron 30 mediciones por cada ángulo, obteniendo 120 muestreos en total. En cada medición se tiene un total de 100 paquetes derivando que la transmisión final fuera de 12000 paquetes. La primera evaluación se realizó sin obstáculos, a dicho muestreo se le dio el nombre de evaluación 0 de control, seguidamente se colocó el obstáculo entre las dos antenas cuidando la zona de Fresnel y que las antenas se encontraran alejadas de paredes para evitar rebotes de la señal en estas.

Al colocar el obstáculo, se coloca a 30° con relación a la línea guía empleada, para esto se tomó en cuenta que la línea de referencia es la formada por las antenas, por ende se mueve solamente el obstáculo facilitando el experimento. Al finalizar las tomas se procedió a variar el ángulo a 60° con relación a las antenas, nuevamente se realiza el muestreo. Finalizando este último se colocó el obstáculo de forma perpendicular con relación a la normal para tomar las últimas muestras correspondientes a los 90°, tal como se muestra en la figura 2.

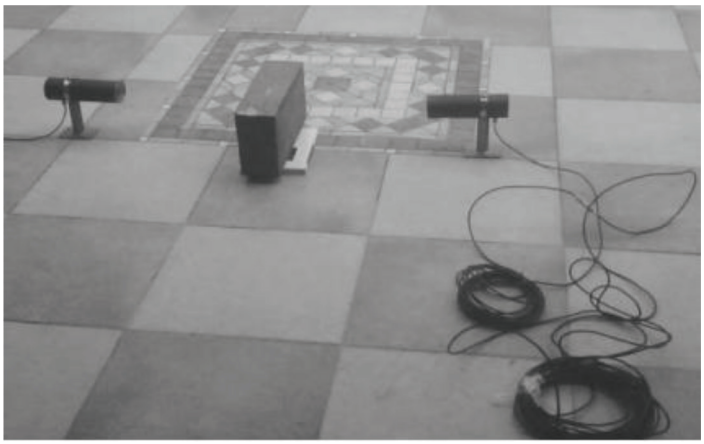


Figura 2 – Muestra de montaje del experimento. Fuente: elaborado por los autores (2019)

Todas las mediciones se realizaron en el mismo período del día y sin variaciones en las condiciones ambientales para evitar alteraciones en el experimento. La antena utilizada para la transmisión a través del obstáculo de concreto es de tipo direccional, casera, con una medida aproximada de 23 centímetros de largo. En el transmisor la antena está conectada al router inalámbrico TP-LINK a través de los 60 metros de cable coaxial, por su parte en el receptor la antena está conectada a través de 50 metros de cable coaxial a la tarjeta de red inalámbrica ubicada en la PC de escritorio. Los ángulos de incidencia fueron en aumento con variaciones de 30°.

4.2. Fase II. Ejecución del experimento

Se determinó la potencia a utilizar, para esto se tomó una primera muestra sin obstáculo, luego se agregó mayor cantidad de cable según fue necesario para lograr una atenuación mayor al 75%, como referencia para la medición de la potencia recibida en la tarjeta de red de la PC HP se utilizó el medidor de señal que posee el sistema operativo Windows 8 Pro. Al respecto (López D. , 2018), señala que a medida que la señal viaja a través del cable disminuye su potencia, es por eso que al aumentar el tamaño del cable coaxial disminuye la cantidad de potencia que llega a la antena para la transmisión. Se utilizó un total de 110 metros de cable coaxial, el cual se encuentra dividido en 60 metros conectados al transmisor y 50 metros conectados al receptor.

Se realizan 30 transmisiones a través de la aplicación de TFGEN, a su vez en el receptor se capturan muestras de 100 paquetes para el análisis. Por otra parte, en la aplicación Wireshark se hace la captura de los paquetes, es importante resaltar que para las tabulaciones se toma en cuenta los datos observados en el receptor ya que los mismos son más precisos (ver figura 3).

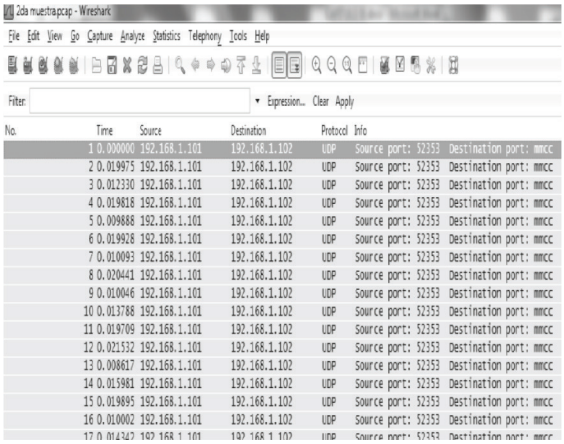


Figura 3 – Captura de software Wireshark. Fuente: elaborado por los autores (2019)

Empezando el experimento con el escenario 0 ó sin obstáculos, en la misma el promedio de rendimiento obtenido UDP es de 0,032 representando un porcentaje de 3,273%.

Posteriormente se ejecutó la primera prueba o escenario 1 donde se adiciona el obstáculo de concreto posicionado a 30° con respecto a las antenas (ver figura 4), para este ángulo de incidencia el promedio de rendimiento obtenido UDP fue de 0,0126794942 representando un porcentaje de 1,267% con relación al total.



Figura 4 – Montaje experimental con ángulo de incidencia de 30°. Fuente: elaborado por los autores (2019)

Para la evaluación 2 se toman las mismas condiciones que las presentadas en los escenarios anteriores, la diferencia fue que el obstáculo modificó su posición de 30° a 60° con relación a la línea normal formada por las antenas. Para el ángulo de incidencia de 60° el promedio de rendimiento obtenido UDP es de 0,0137 representando un porcentaje de 1,370%.

El escenario 3 mantuvo condiciones similares, la principal diferencia es la variación del ángulo de incidencia a 90°, el bloque de concreto se encuentra en posición perpendicular con relación a las antenas. En este escenario se obtiene un rendimiento promedio UDP de 0,0137156506 representando un porcentaje de 1, 371%.

4.3. Fase III. Análisis de los datos

Se creó una base de datos de los escenarios de las pruebas culminadas. Una vez recopilados los datos de las medidas de interés, se procedió a realizar el análisis de los mismos con la aplicación SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Science). Antes de empezar se verificó la existencia de datos atípicos dentro de la distribución mediante un análisis exploratorio donde el valor promedio de la muestra sin obstáculo representado por el valor 0,032 se le restó el valor de rendimiento de cada paquete. Se utilizó la siguiente fórmula: R-0,327 donde, R es el valor de cada muestra. Los valores de rendimiento de los paquetes cuyos resultados fuesen negativos fueron eliminados de la distribución ya que representaban valores atípicos por ser mayores al promedio del rendimiento de control. El resultado de esta técnica demostró que el ángulo de 30° contenía la mayor cantidad de datos atípicos. Luego del tratamiento se obtuvo la siguiente cantidad de datos (ver tabla 2).

Ángulo	Na
30º	2207
60º	2928
90º	2959

Fuente: elaborado por los autores (2019)

Tabla 2 – Cantidad de mediciones resultantes

A través del modelo general lineal univariante se pudo investigar la interacción de los factores sobre la variable independiente, en este caso la acción ejercida por el ángulo de incidencia de una señal 802.11g sobre el rendimiento. Otro beneficio de esta técnica de análisis es que permite comparar tanto los modelos equilibrados como no equilibrados (López & Gutiérrez, 2019), siendo este último el caso de la presente investigación donde el número de medias es diferente para cada ángulo. En la presente investigación se utilizó esta técnica para determinar el efecto de cada factor (ángulo de incidencia de la señal) sobre el rendimiento (ver tabla 3).

Origen	Suma de cuadros tipo III	G1	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,002a	2	0,001	25,072	0,000
Intersección	1,420	1	1,420	41694,280	0,000
Ángulo	0,002	2	0,001	25,072	0,000
Error	0,276	8091	3,405E-05		
Total	1,737	8094			
Total corregida	0,277	8093			

Fuente: elaborado por los autores (2019)

Tabla 3 – Pruebas de los efectos inter-sujetos. Variable dependiente: R

En la tabla 3 se observa un sólo factor el cual es el ángulo de incidencia por lo que no se estudia interacción entre los factores, por otra parte, en la segunda columna se tiene la suma de cuadrados, estos valores representan la variabilidad total de los datos. Luego se tienen los grados de libertad, ya que existe un solo factor representado por tres mediciones, el en ángulo es igual a 2 (3-1=2). La cuarta columna representa la media cuadrática obtenida del cociente entre la suma cuadrática de cada fuente y los grados de libertad. En la quinta columna de esta tabla se ubica la F de Snedecor, según (Tirado & Tirado, 2017), es el cociente entre la media cuadrática de cada fuente de variación del modelo general lineal siendo el que permite definir hasta qué punto los factores afectan a la variable dependiente. En la presente investigación se obtiene un F = 25,072 para el factor ángulo, con un nivel de significación de 0,000.

Con los valores obtenidos se determinó que existe una diferencia significativa entre el rendimiento de los diferentes ángulos de incidencia presentes en el estudio. Es importante resaltar que el modelo general univariante permite determinar si existe o no una diferencia significativa entre las medias de la variable, pero no permite determinar cuál factor ejerce mayor acción sobre la misma y cuáles son las medidas que difieren, es decir, no especifica cuál ángulo ejerce mayor acción sobre el rendimiento.

Para ubicar las diferencias detectadas por el modelo MLG se utilizó la prueba Games-Howel donde se presume la existencia de varianzas diferentes. En esta prueba se observa un nivel de significación de 0,000 entre el ángulo de 30° en relación con 60° y 90°, mientras que entre estos últimos se tiene un nivel de significación de 0,997 determinando que entre los ángulos de 60° y 90° no existe una diferencia significativa, esto es, no se ejerce una acción determinante sobre el rendimiento en estas dos medidas. Se elige la prueba de Games-Howell ya que tiene similitudes a la prueba Tukey, además de que según (Frías, 2016), esta prueba es la que mejor controla la tasa de error en diferentes situaciones (ver tabla 4).

(I)ANGULO	(J)ANGULO	Diferencia de medias (I-J)	Error tip.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
30	60	-,00102650	,000187	,000	,0014663	,00058663109
	90	-,001036156	,000186	,000	,0014741	,00059820732
60	30	,001026508	,000187	,000	,0005866	,00146638513
	90	-,00000964	,000129	,997	,0003139	,00029469144
90	30	,0010361563	,000186	,000	,0005982	,00147410537
	60	,000009648	,000129	,997	-,000294	,00031398793

Fuente: elaborado por los autores (2019)

Tabla 4 – Prueba Post Hoc de Games Howell

Se puede observaren la tabla 4 que la diferencia entre el rendimiento de los ángulos 30° y 60° es cercano a cero, por lo que se considera despreciable para determinar si existen diferencias entre las varianzas. Con el objeto de construir la ecuación del modelo se aplicó un análisis de regresión de estimación curvilínea (ver tabla 5).

En la tabla 5 se observan los valores de R cuadrado para las diferentes ecuaciones, según (Tirado & Tirado, 2017), una línea de tendencia es más fiable cuando su valor de R cuadrado es 1 o se acerca al valor de 1. En la presente investigación, la ecuación que más se acerca al sistema es R cuadrado = 0,37 por representar el valor más cercano a 1, brindando mayor confiabilidad, a su vez indica que el modelo de potencia es el que más se ha adecuado a los datos obtenidos (ver tabla 6).

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R ^2	F	gl1	gl2	Sig.	Const.	b1	b2	b3
Lineal	,004	36,010	1	8092	,000	,012	1,636E-5		
Log.	,005	42,522	1	8092	,000	,009	,001		
Cuadrático	,06	25,072	2	8091	,000	,011	8,50E-5	-5,649 E-7	
Cúbico	,06	25,072	2	8091	,000	,011	8,50E-5	-5,649 E-7	,000
Comp.	,31	261,99	18092	,000	,010	1,004			
Potencia	,37	309,73	1	8092	,000	,005	,208		
Exponencial	,31	261,994	1	8092	,000	,010	,004		

Fuente: elaborado por los autores (2019)

Tabla 5 – Resumen del modelo y estimaciones de los parámetros

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros	
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1
Potencia	,37	309,739	1	8092	,000	,005	,208

Fuente: elaborado por los autores (2019)

Tabla 6 – Resumen del modelo de Potencia

Se establece la ecuación matemática del modelo de rendimiento que viene dado por la fórmula:

$$Y = 0{,}005 * (0{,}208X)$$

Esta ecuación es igual a afirmar que:

$$lnlnY = ln0{,}005 + (0{,}208 * lnX)$$

La fórmula anterior explica con una exactitud de 37,00% brindando un margen de error de 63,00%, representando un nivel de error esperado de acuerdo a la naturaleza incierta de la superficie sobre la cual se está trabajando. (García F., 2011), explica que las señales pueden sufrir cambios al atravesar un medio debido a fenómenos como la absorción, difracción, entre otros. A su vez (Wilson, Bufa, & Lou, 2007), expresa que una señal que actúa sobre un obstáculo con un ángulo de incidencia mayor al ángulo crítico representado por 90°, tiende a reflectar señales, por lo que la potencia de la señal que ingresa en el obstáculo es menor.

5. Conclusiones

Se evidencia la influencia del ángulo de incidencia sobre el rendimiento en redes 802.11g a través de los resultados obtenido al aplicar el diseño de la propuesta y la ejecución de las fases metodológicas realizadas. A través de grado significativo de confiabilidad se permite modelar la variable dependiente de estudio.

Para el cumplimiento del objetivo planteado se aplicó el modelo general lineal univariante, obteniéndose un F=25,072 con un nivel de significación de 0,000, determinándose la existencia de diferencias significativas entre el ángulo de incidencia y el rendimiento, indicando la influencia del ángulo de incidencia sobre concreto en el rendimiento de las comunicaciones 802.11g.

Posteriormente, mediante las pruebas post hoc se logró determinar que el ángulo de 30° tiene mayor influencia sobre el rendimiento de las comunicaciones 802.11g. para el modelo de influencia de los ángulos de incidencia sobre paredes de concreto, se establece la ecuación matemática del modelo de rendimiento que viene dado por la fórmula:

$$Y = 0{,}005 * (0{,}208X)$$

Esta ecuación es igual a afirmar que:

$$lnlnY = ln0{,}005 + (0{,}208 * lnX)$$

La cual explica con una exactitud de 37,00% el modelado del rendimiento con un margen de error de 63,00%, representando un nivel de error esperado debido a la naturaleza de la superficie.

Referencias

Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Sexta edición. Caracas, Venezuela: Episteme.

Arias, E., & Lázaro, C. (2018). Estudio de viabilidad para proveedor servicio de Internet inalámbrico prepago, incorporando un diseño topolófico de red WLAN con servidor AAA. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Bri, D. (2015). Estudio del efecto de factores externos sobre las redes WLAN y diseño de un algoritmo cognitivo energéticamente eficiente. España: Universitat Politecnica de Valencia.

Bustamante, M., Martínez, J., & Macias, J. (2018). Caracterización térmica y mecánica de madera de guayacán para uso en las construcciones de Ecuador. INNOVA Research Journal, 3(11), 62-79.

Bustos, J. (2018). Diseño de LAN con énfasis en conexión inalámbrica para IPS Santa Paula. Bogotá, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.

Caiza, C., & Lara, R. (2019). Evaluación del desempeño de la tecnología wifi en concordancia con los estándares IEEE 802.11 b/g/n en el interior de una cámara anecoica para la banda de 2.4 GHz. Revista Iberoamericana de las ciencias computacionales e informática, 1-23.

Domínguez, F. (2014). Contenidos MF0978-2 Gestión de archivos. España: Editorial tutor Formación.

Duarte, R., & Paredes, S. (2016). Análisis del uso que hacen los usuarios conectados a un punto de acceso inalámbrico, sin autenticación, con conexión a Internet, ubicado en el edificio CIDS de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (Unan-León). León, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Fariza, A. (9 de 4 de 2016). ¿Qué significan Ping, Latencia o TCP? . Recuperado el 5 de 5 de 2019, de Computerhoy: https://computerhoy.com/noticias/life/que-significan-ping-latencia-tcp-38805

Freire, M. (2019). Estudio comparativo de las tecnologías IEEE 802.11a Y 802.11b de modo a mejorar el rendimiento de la red de datos. Caso práctico proveedor de Internet FASTERCOM. Riobamba, Ecuador: Instituto de Postgrado y Educación continua e la ESPOCH.

Gañán, R. (2019). Caracterización experimental del rendimiento del estándar 802.11n en un entorno doméstico. Cantabria: Universidad de Cantabria.

García. (10 de 1 de 2018). Intensidad de señal: los dBm determinan la cantidad de señal que nos llega al móvil. Recuperado el 12 de 5 de 2019, de Adslzone: https://www.adslzone.net/2018/01/10/entender-cobertura-movil-dbm/

García, F. (2011). Efecto de obstáculos tipo madera en el rendimiento de redes TCP/IP/802.11g modo Ad Hoc. Maracaibo, Venezuela: Universidad Rafael Belloso Chacín.

Gutiérrez, H., & De La Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. Segunda edición. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.

Kilamo. (26 de 06 de 2011). ¿Qué es la CCQ y cómo se determinan los valores? Recuperado el 4 de 3 de 2019, de Kilamo: http://kilamo.blogspot.com/2011/06/que-es-la-ccq-y-como-se-determinan-los.html

López, D. (2018). Evaluación del estándar IEEE 802.11ac con tecnología MU-MIMO en comparación al estándar de fibra óptica en redes de transporte de datos. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

López, J. (2017). Diseño e implementación de un sistema de gestión WI-FI centralizado, en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, mediante routeros, para mejorar la calidad de servicio. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.

Méndez, D. (2018). Diseño de una red de videoconferencia con recepción mixta unicast/multicast con fines académicos en la sala de cómputo de la FETD. Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Pandora FMS team. (3 de 5 de 2017). Pérdida de paquetes: problemas, causas y soluciones. Recuperado el 12 de 4 de 2019, de Pandorafms: https://pandorafms.com/blog/es/perdida-de-paquetes/

Polanco, A. (s/f). Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ingeniería.

Quiñones, F. (2016). Estudio de la red telefónica IP basada en Elastix instalada en la comunidad salesiana María Auxiliadora. Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Salazar. (01 de 05 de 2014). ¿Qué es Throughput? . Recuperado el 01 de 06 de 2019, de Cualquier cosa de tecnología: https://cualquiercosadetecnologia.wordpress.com/2014/05/01/que-es-throughput-redes-cualquiercosatecno/

Salazar, J. (s/f). Redes Inalámbricas. Czech Republic: České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická.

Santos, M. (2014). Diseño de redes telemáticas. España: RA-MA S.A.

Stracuzzi, S., & Pestana, F. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.

Tippens, P. (2007). Física, Conceptos y aplicaciones. Séptima edición. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

Tóala, J., Mero, E., & Ortiz, M. y. (2018). Sistema de comunicación inalámbrico con tecnología MIKROTIK y su contribución en la transmisión de voz y datos en el terminal terrestre del cantón Jipijapa. Ecuador: Área de Innovación y desarrollo.

Villalba, M. (2018). Sistema de posicionamiento en interiores. Madrid, España: Universidad politécnica de Madrid.

Wilson, J., Bufa, A., & Lou, B. (2007). Física. Sexta edición. México: Pearson Educación.

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

Recebido/Submission: 19/09/2019
Aceitação/Acceptance: 17/11/2019

Minería de datos con R para información académica en Instituciones de Educación Superior

Henry Recalde[1], Paúl Francisco Baldeón Egas[1], Miguel Alfredo Gaibor Saltos[1], Renato M. Toasa[1]

hrecalde@uisrael.edu.ec, pbaldeon@uisrael.edu.ec, canciller@uisrael.edu.ec, rtoasa@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito Ecuador

Pages: 63–71

Resumen: Este trabajo presenta la implementación de minería de datos en instituciones de educación superior (IES) utilizando la herramienta open source R, esto parte de la gran cantidad de información que generan los procesos universitarios y que debe ser analizada oportunamente, de esta forma generar cambios, tomar decisiones, conocer las necesidades de estudiantes, docentes y administrativos; su comportamiento y hasta poder organizar mejor los servicios que se ofrecen, se utiliza R ya que es una de las mejores herramientas disponibles y no limita sus módulos como el software propietario, Como caso práctico se utiliza información académica de estudiantes de una universidad de ecuador, permitiendo determinar el número de estudiantes que aprobaron el semestre, además permite tomar correctivos necesarios en los estudiantes que no finalicen con éxito el semestre. Lo resultados fueron satisfactorios ya que al conocer esta información las autoridades pueden definir estrategias para mejorar el proceso académico.

Palabras-clave: Minería de datos; Software R; Software Libre; Datos académicos.

Data mining with R for academic information in Higher Education Institutions

Abstract: This paper presents the implementation of data mining in institutions of higher education (HEI) using the open source R tool, this is based on the large amount of information generated by university processes and must be analyzed in a timely manner, thus generating changes, make decisions, meet the needs of students, teachers and administrators; its behavior and even to better organize the services offered, R is used as it is one of the best tools available and does not limit its modules as proprietary software. As a practical case, academic information from students of a university in Ecuador is used, allowing to determine the number of students who successfully passed the semester, also allows to take necessary corrections on students who do not complete the semester successfully. The results were satisfactory since knowing this information the authorities can define strategies to improve the academic process.

Keywords*:* Data mining; R Software, Open source; Academic data

1. Introducción

Durante los últimos años, la cantidad de información que manejan las Instituciones de Educación Superior (IES), se ha incrementado considerablemente, esto debido al uso de novedosos sistemas académicos que maneja toda la información de los procesos de las IES. Gran parte de las IES a nivel mundial han optado por utilizar software libre, debido a que el software libre ofrece un enfoque para abordar los problemas técnicos de manera personalizada, y de cierta manera representa un costo económico bajo en comparación con software propietario (Bishop, Jensen, Scacchi, & Smith, 2016). Esta gran cantidad de información obliga a las todas las empresas y en especial a las IES a utilizar novedosas técnicas como la minería de datos, visualización de datos, inteligencia artificial, aprendizaje de máquinas entre otras, que sirven como base para una correcta toma de decisiones (Sivarajah, Kamal, Irani, & Weerakkody, 2017).

En la literatura se encontraron estudios que analizan el sector académico en las IES, estos incluyen diversos procesos que se mencionan a continuación. Inicialmente (Luan, 2002), menciona que la minería de datos es el proceso de descubrir "mensajes ocultos", patrones y conocimientos dentro de grandes cantidades de datos y de hacer predicciones de resultados o comportamientos., además proporcionan un caso de estudio de su aplicación a los datos de transferencia universitaria, por otro lado (Baradwaj & Pal, 2012), desarrollan un modelo de minería de datos para el sistema de educación superior utilizando el método del árbol de decisión, extraen el conocimiento que describe el desempeño de los estudiantes, esto permite identificar más a los estudiantes que abandonan la universidad y a los estudiantes que necesitan atención especial.

En lo referente a aplicaciones para aplicar Minería de datos, existen varias bibliotecas o programas de minería de datos de código abierto como Knime (Berthold et al., 2009), RapidMiner, Weka y el software R (Naik & Samant, 2016), entre otros; que ofrecen varios algoritmos para realizar minería de datos. La importancia de utilizar software libre.

El lenguaje R, ha sido utilizado para diversas tareas, inicialmente (Nasridinov & Park, 2013) proponen utilizar R para analizar visualmente grandes volúmenes de datos, se propuso varios escenarios incluyendo la visualización de datos simples, clustering, minería de texto y análisis de redes sociales, los resultados generados por R como gráficos estadísticos y predicciones fueron de gran ayuda para la toma de decisiones, por otro lado un análisis de las mediciones que realiza R, métricas que utiliza y las características que definen su comportamiento y estructura lo detallan (Voulgaropoulou, Spanos, & Angelis, 2012).

Basándonos en la literatura de herramientas libres para aplicar minería de datos y por su rapidez y exactitud en la representación de grandes cantidades de datos, en este trabajo se optó por utilizar el lenguaje R (Wallach, Makowski, Jones, & Brun, 2019). Si bien se ha analizado algunos casos de uso que los investigadores le dan al software R, hay un bajo enfoque en datos académicos, por tal motivo en este trabajo se realiza la minería de datos de un sistema académico utilizando el lenguaje R, de esta manera determinar

cómo los resultados que genera R puede ser beneficios para la institución en la oportuna toma de decisiones.

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se describe brevemente sobre la minería de datos usando R, a continuación, en la sección 3 se detalla el caso de estudio, en la sección 4 se muestran los resultados, en la sección 5 se detallan las conclusiones y trabajo futuro.

2. Minería de datos académicos con R

R es ideal para las muchas tareas complejas asociadas con la minería de datos. R ofrece un amplio y profundo análisis estadístico más allá de lo que está disponible en productos comerciales de código cerrado. Sin embargo, R sigue siendo, principalmente, un lenguaje de programación para cálculos estadístico altamente calificado, y fuera del alcance de muchas aplicaciones disponibles (Williams, 2006)

El lenguaje R para el cálculo estadístico y análisis de datos puede considerarse el paquete de software estadístico más importante, siendo utilizado cada vez más como un entorno de programación debido a que incluye varios modelos que pueden ser utilizados (Filzmoser, Gatu, & Zeileis, 2014).

R utiliza la herramienta Rattle para la minería de datos, que es una herramienta gráfica la cual se accede mediante la instalación de librerías.

Mediante la minería de datos y basándonos en la técnica de predicción de datos de árboles de decisión podemos obtener resultados necesarios para poder llevar a cabo acciones con los resultados de estudiantes que no aprobaron materias en las IES.

En este trabajo se utiliza el lenguaje R y su herramienta Rattle para el procesamiento de la información y generar árboles de decisión sobre los datos de aprobados y reprobados de varios periodos académicos.

Previamente se construyó un conjunto de datos el cual permitió concentrar la información requerida y con eso se procedió al análisis de la misma usando Rattle.

Se utilizó el algoritmo de árbol de clasificación y regresión, el cual se usa para predecir una variable respuesta cualitativa, asignando la predicción para cada observación como la clase más común (moda) de observaciones de entrenamiento en la región o nodo terminal al que pertenece dicha observación de test.

Los árboles de clasificación y regresión (CART Classification and Regression Trees) nos permiten tener una alternativa para realizar un análisis tradicional para la predicción tradicional. Son árboles de regresión son cuando la variable dependiente en este caso el estado de aprobación y factores como la carrera, genero, nivel son variables cualitativas que pueden inferir en el estado de aprobación.

El objetivo es tratar de generar un árbol con varias bifurcaciones, anidadas a maneras de ramas las cuales permiten indicar la predicción dependiendo las condiciones de evaluación.

3. Caso de estudio

Los datos académicos que se utilizan en el presente trabajo, son los datos del SIGE, un sistema de gestión estratégica de la Universidad Tecnológica ISRAEL de Ecuador (Baldeon Egas, Gaibor Saltos, & Toasa, 2019). Este sistema académico presenta información principal de estudiantes, docentes, calificaciones, materias, niveles, períodos académicos, aprobados, reprobados, entre otros datos académicos. Se optó por utilizar la información de las carreras de ingeniería, a que en estas carreras los estudiantes suelen tener dificultades en aprobar las asignaturas.

3.1. Proceso

Para poder determinar un mejor resultado al analizar los datos académicos de los estudiantes en Ciencias de la Ingeniería de la IES antes mencionada es necesario realizar los siguientes pasos:

- Creación de una vista con los datos académicos del SIGE, del cual se extrajo la siguiente información: periodo académico, área de conocimiento, materia, género y estado de aprobación.
- Depuración de los datos y clasificación de la información de variables cualitativas a valores numéricos.
- Generación del archivo de datos para procesar en R Studio, este archivo resultante será un archivo separado por comas (CSV).
- Ejecución del algoritmo en lenguaje R para validación de los datos y generación de los resultados del árbol de decisión.

3.2. Información

El caso de estudio se centrará específicamente en los datos del área de conocimiento de Ciencias de la ingeniería la cual se realizará con el objetivo de determinar el porcentaje de estudiantes que reprueban en cada uno niveles de dicha área. Los datos que

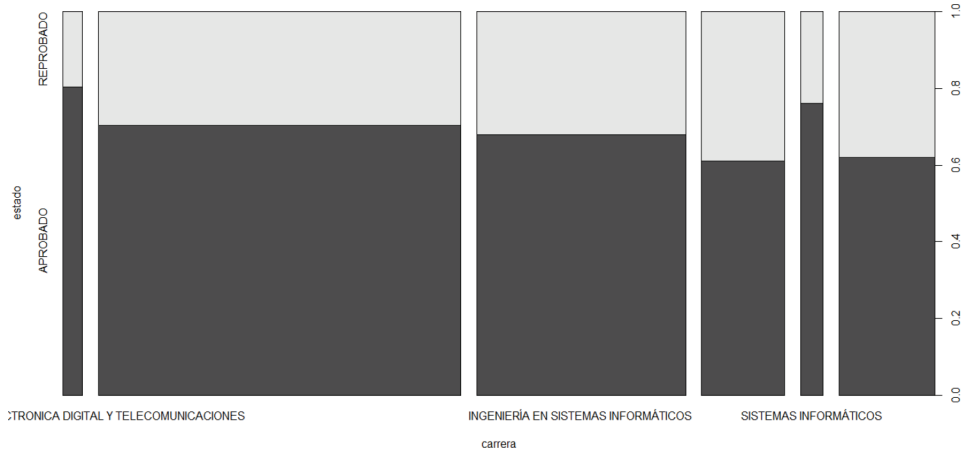


Figura 1 – Índice de materias aprobadas y reprobadas de las carreras de ciencias de la ingeniería periodos 2012 - 2019

son utilizados en el presente estudio son parte de los registros de aprobación de los estudiantes comprendidos entre los períodos académicos desde el 2012 – 2019.

Los datos de la Figura 1 muestran el estado actual de las materias aprobadas en las carreras de ciencias de la ingeniería, estos datos son claves para en el proceso de minería de datos generar el árbol de decisión para determinar cuáles son las materias en las cuales hay mayor índice de reprobados.

3.3. Herramientas

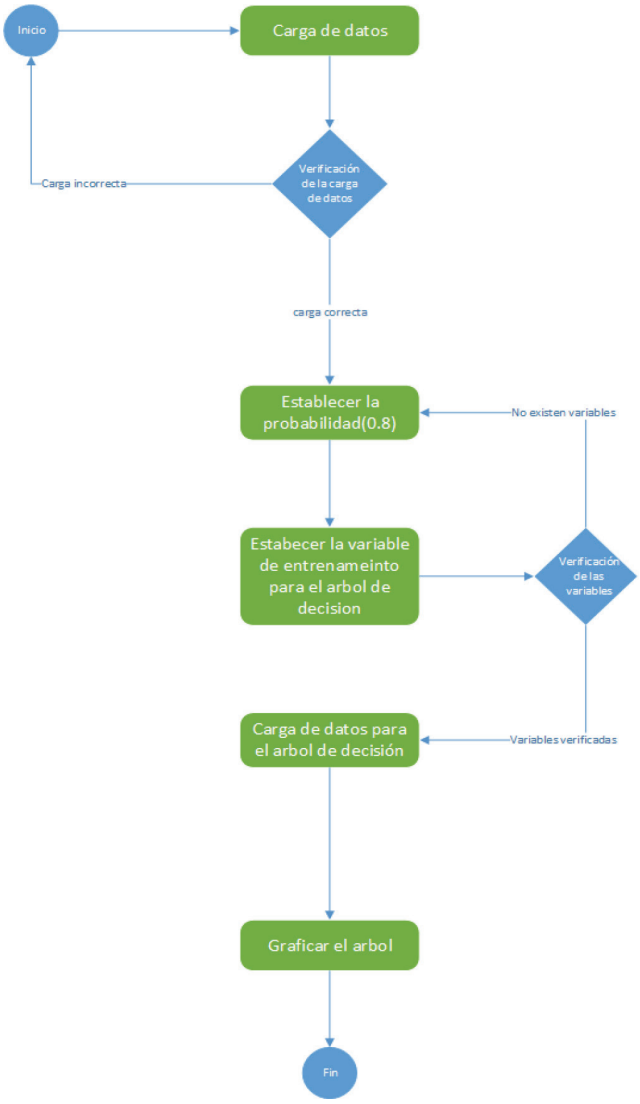


Figura 2 – Proceso usado en R Studio para generación de árboles de decisión

La información del SIGE se encuentra disponible en SQL Server y la misma fue procesada mediante la creación de consultas para obtener la información de los datos necesarios para el caso de estudio antes mencionado.

R Studio es necesario para procesar la información la cual fue previamente obtenida mediante vistas en SQL Server, esta información fue depura y se exporta a formato de valores separados por coma (CSV) y es usada para su proceso mediante el algoritmo creado en lenguaje R.

La Figura 2 muestra cómo se realiza el proceso utilizando R para el procesamiento de la información y la posterior generación de los árboles de clasificación y decisión. En este código se aplicó usando un índice probabilidades del 80% para el entrenamiento de los árboles de decisión y clasificación.

4. Resultados

A continuación, los resultados obtenidos permiten identificar cual se basa en un árbol de decisión y clasificación para obtener los posibles resultados de una serie de datos basadas en las variables y datos mencionados en el caso de estudio. Esto permite comparar posibles acciones entre sí según sus valores de los datos académicos, probabilidades y beneficios.

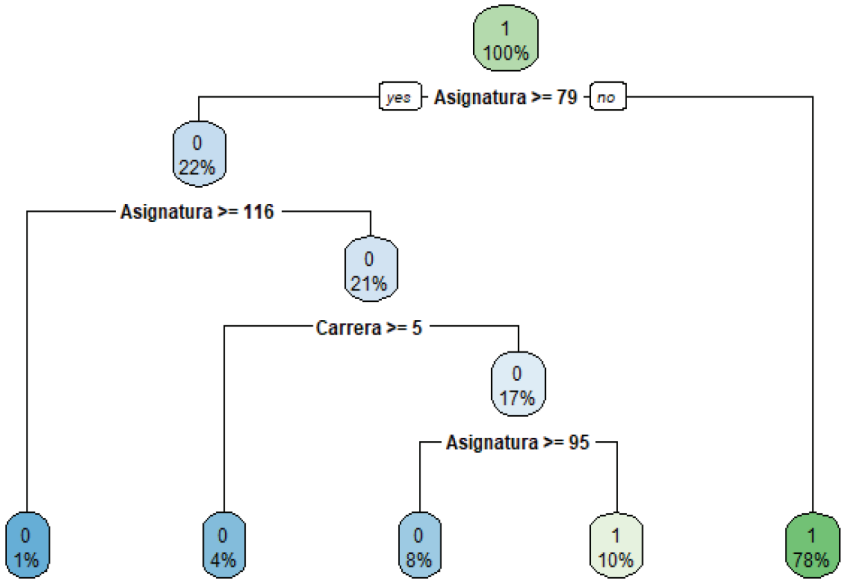


Figura 3 – Árbol de decisión de Aprobados/Reprobados de las distintas materias de ciencias de la ingeniería

En la Figura 3 se puede observar el árbol de decisión y clasificación usado para las variables: Carrera, asignatura y estado, es necesario tomar en cuenta que se codifico

las carreras asignando un código el cual será descrito a continuación en la Tabla 1, esto permitirá asignar valores numéricos para su posterior análisis en la clasificación de los resultados del estudio propuesto:

Carrera	Código asignado a la variable
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES	1
INGENIERÍA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS	3
SISTEMAS INFORMÁTICOS	4
TELECOMUNICACIONES	5
SISTEMAS DE INFORMACIÓN	6

Tabla 1 – Codificación asignada a las carreras del área de ciencias de la ingeniería

Para los estados de se asignó los valores de uno para Aprobado y cero para reprobado, a continuación, la interpretación de los resultados:

1. Inicio 1791 646 1 (0.3606924 0.6393076) En la raíz del árbol de 1791 que representa al 100% de muestras el 36.06 % reprueba en el área de estudio de ingeniería, mientras que el 63.94 aprueba
2. Asignatura>=79 0 (0.5527638 0.4472362) En el siguiente caso cuando un número de estudiantes en sus paralelos mayor igual que 79 los mismos tendrán un porcentaje de aprobación de 79% y el restante porcentaje se evalúa en la siguiente condición.
3. Asignatura>=116 0 0 (1.0000000 0.0000000) Asignatura< 116 0 (1) En esta siguiente rama del árbol se encuentra el 22% de nuestra muestra de datos los cuales indican que cuando el valor de estudiantes en cada uno de sus paralelos supera a 115 tenemos un porcentaje de reprobados del 1%.
4. Carrera>=5 74 23 0 (0.035 0.0.165) El restante 21% se evalúa indicando si la carrera se encuentra entre TELECOMUNICACIONES y SISTEMAS DE INFORMACIÓN de acuerdo a la Tabla 1 en la cual se codificó las carreras, en esta clasificación el 4% reprueban 1 ó varias asignaturas.
5. Asignatura>=94.5 139 59 0 (0.82 0.10) En la siguiente rama se puede identificar que cuando las carreras son TELECOMUNICACIONES y SISTEMAS DE INFORMACIÓN y el número de estudiantes en los paralelos es mayor que 95 en 8% reprueban 1 ó varias asignaturas.Para cualquier otra condición los estudiantes aprueban el 10 % restante aprueban las materias del área de conocimientos.

5. Conclusiones

La Minería de datos se presenta como un avance tecnológico emergente, con grandes ventajas relacionadas con la correcta toma de decisiones, permitiendo a las instituciones organizar su información de una mejor manera

Los algoritmos y técnicas de minería de datos pueden ser implementados con distintas herramientas libres o propietarias, esto representa una ventaja que permite a los administradores de TI interpretar los resultados de una mejor manera, de forma rápida.

Como se evidencia en los resultados, la minería de datos con R es un factor determinante para lograr interpretar los rumbos de una IES, tomando en cuenta datos académicos históricos obtenidos a través del tiempo

Implementado un proceso adecuado de minería de datos se puede identificar tendencias que existen acerca de algún problema relacionado en diferentes aspectos de una IES en este caso de estudio fue el académico, además podrá otorgarle algún tipo de ventaja con el conocimiento de cierta información descubierta durante todo el proceso de minería de datos.

Referencias

Baldeon Egas, P. F., Gaibor Saltos, M. A., & Toasa, R. (2019). Integrated Strategic Management System. *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. https://doi.org/10.23919/cisti.2019.8760801

Baradwaj, B. K., & Pal, S. (2012). Mining Educational Data to Analyze Students' Performance. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *2*(6). Retrieved from http://arxiv.org/abs/1201.3417

Berthold, M. R., Cebron, N., Dill, F., Gabriel, T. R., Kötter, T., Meinl, T., … Wiswedel, B. (2009). KNIME - the Konstanz information miner. In: Preisach CBerhardt HSchmidt-Theime Let al. ., eds. Data Analysis,. *Machine Learning and Applications*. *Germany: Springer*, *11*(1), 26. https://doi.org/10.1145/1656274.1656280

Bishop, J., Jensen, C., Scacchi, W., & Smith, A. (2016). How to use open source software in education. *SIGCSE 2016 - Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, 321–322. https://doi.org/10.1145/2839509.2844665

Filzmoser, P., Gatu, C., & Zeileis, A. (2014, March). Special issue on statistical algorithms and software in R. *Computational Statistics and Data Analysis*, *71*, 887–888. https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.10.012

Luan, J. (2002). Data Mining and Its Applications in Higher Education. *New Directions for Institutional Research*, *2002*(113), 17–36. https://doi.org/10.1002/ir.35

Naik, A., & Samant, L. (2016). Correlation Review of Classification Algorithm Using Data Mining Tool: WEKA, Rapidminer, Tanagra, Orange and Knime. *Procedia Computer Science*, *85*, 662–668. https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.251

Nasridinov, A., & Park, Y. H. (2013). Visual analytics for big data using R. *Proceedings - 2013 IEEE 3rd International Conference on Cloud and Green Computing, CGC 2013 and 2013 IEEE 3rd International Conference on Social Computing and Its Applications, SCA 2013*, 564–565. https://doi.org/10.1109/CGC.2013.96

Sivarajah, U., Kamal, M. M., Irani, Z., & Weerakkody, V. (2017). Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of Business Research*, *70*, 263–286. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.001

Voulgaropoulou, S., Spanos, G., & Angelis, L. (2012). Analyzing measurements of the R statistical open source software. *Proceedings of the 2012 IEEE 35th Software Engineering Workshop, SEW 2012*, 1–10. https://doi.org/10.1109/SEW.2012.7

Wallach, D., Makowski, D., Jones, J. W., & Brun, F. (2019). The R Programming Language and Software. In *Working with Dynamic Crop Models* (pp. 45–95). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811756-9.00002-2

Williams, G. J. (2006). *Rattle: A Data Mining GUI for R*. Retrieved from http://rattle.togaware.com

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

Recebido/Submission: 23/07/2019
Aceitação/Acceptance: 29/10/2019

Metodología de enseñanza y aprendizaje en tecnologías de Cloud Computing: Un estudio de caso en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte

Ana C. Ramírez-Recalde[1], Ana C. Umaquinga-Criollo[1], Edgar A. Maya-Olalla[1], Carlos A. Vásquez[1]

acramirezr@utn.edu.ec, acumaquinga@utn.edu.ec, eamaya@utn.edu.ec, cavasquez@utn.edu.ec

[1] Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova, Ibarra, Ecuador.

Pages: 72–86

Resumen: Este trabajo expone el diseño e implementación de un Entorno Virtual de Aprendizaje (*EVA*) en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (*CIERCOM*) de la Universidad Técnica del Norte (*UTN*), Ibarra-Ecuador, referente al área de estudio Cloud Computing (*CC*), se considera: Un sistema de Gestión de Aprendizaje Moodle diseñado de acuerdo a directrices establecidas por la metodología de aprendizaje *PACIE* (*Presencia, Alcance, Capacitación, Interacción, E-learning*); su contenido se basa en información de seis trabajos de grado que formaron parte del proyecto puesto en marcha en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la UTN, misma que ha sido complementada y transformada en material didáctico del EVA con el fin de difundir los estudios de caso y contribuir con conocimientos para los estudiantes de la carrera acerca del tema. La investigación es de tipo descriptivo y documental permitiendo abarcar los siguientes temas: *(i)* Fundamentos básicos de Cloud Computing; *(ii)* Definiciones de un Centro de Datos TIER I bajo el estándar TIA 942; *(iii)* Plataformas de Infraestructura como Servicio Openstack; (*iv*) Plataformas de Infraestructura como Servicio Opennebula y (*v*) Plataformas de Infraestructura como Servicio Eucalyptus.

Palabras-clave: Entorno Virtual de Aprendizaje; PACIE; Moodle; Aprendizaje Virtual; Computación en la Nube.

Methodology of teaching and learning in Cloud Computing technologies: A case study in the Career of Electronic Engineering and Communication Networks of the "Universidad Técnica del Norte"

Abstract: This article exposes the design and implementation of a Virtual Learning Environment (*EVA*) at Engineering Career in Electronics and Communication Networks , at "Universidad Técnica del Norte", Ibarra - Ecuador, referring to the study area Cloud Computing (*CC*), the same one that considers: the *Moodle*

Learning Management System designed according to the guidelines established by the *PACIE* learning methodology (*Presence, Scope, Training, Interaction, E-learning*); Its content is based on the information of six degree projects that were part of the *Cloud Computing* project launched at the Faculty of Engineering in Applied Sciences of the UTN, which has been complemented and transformed into *EVA* teaching material in order to disseminate the studies case and contribute knowledge for the students of the career on the subject. The research is descriptive and documentary, covering the following topics in the *EVA*: (*i*) Basic Fundamentals of Cloud Computing; (*ii*) Infrastructure of a TIER I Data Center under the TIA 942 standard; *(iii*) Openstack Infrastructure as a Service; (*iv*) Opennebula Infrastructure as a Service (*v*) Eucalyptus Infrastructure as a Service.

Keywords*:* Virtual Learning Environment; PACIE; Moodle; Electronic Learning; Cloud Computing.

1. Introducción

La Universidad Técnica del Norte es una institución de Educación Superior ubicada en la ciudad de Ibarra- Ecuador (Universidad Técnica del Norte, 2013), que incorpora nuevas formas de estudio como la educación virtual, combinando las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) con el proceso de enseñanza aprendizaje beneficiando a un mayor número de personas (Universidad Virtual, 2019).

El Entorno Virtual de Aprendizaje (*EVA*) implementado en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (*CIERCOM*), en la actualidad Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones (*CITEL*) pretende ser un soporte académico en el área de Cloud Computing de manera virtual y autónoma, donde el estudiante establece su ritmo de aprendizaje e incrementa su conocimiento, capacidad de análisis crítico sobre este tema.

Por otra parte, los lineamientos establecidos por la metodología PACIE (Basantes, Naranjo, & Ojeda, 2018) (Cevallos-Villacrés, Meza-Herrera, Molina-Valdiviezo, Torres-Flores, & Machado-Sotomayor, 2015) procuran mantener activa la motivación por aprender a través de un ambiente agradable y acogedor y la "acción tutoral del docente virtual con sentido humanizante"(Martinez & Fuentes, 2013), motiva la buena comunicación de los estudiantes con el tutor y entre los estudiantes, realiza el acompañamiento necesario para disminuir la deserción y un variado tipo de material didáctico (Basantes et al., 2018) (Martinez & Fuentes, 2013) fomentando el aprendizaje colaborativo, autogestión y constructivista(Navarro & Texeira, 2011). Las herramientas provistas por el Sistema de Gestión de Aprendizaje Moodle (Modular Object Oriented Dynamic Learning Enviroment)(Basantes et al., 2018) (Moodle, 2019) como foros, chats, entre otros precisamente encajan en la estimulación del aprendizaje colaborativo interactivo y constructivista.

La estructura del presente estudio se encuentra organizado en las siguientes secciones: La Sección 2 presenta los materiales, métodos, requerimientos técnicos de EVA y de la Metodología PACIE y su respectiva organización de bloques y secciones, en la Sección 3 presenta los principales resultados de la aplicación de esta metodología en un EVA Moodle y para finalizar en la Sección 4 presenta las conclusiones obtenidas en esta investigación, las mismas que procuran aportar a la comunidad investigadora y de academia que se encuentra el estudio de esta área.

2. Materiales y métodos

La información más importante empleada en el desarrollo de este estudio se puntualiza a continuación:

2.1. E-learning

Mababu (Citado por Silva, 2011) lo define como el proceso en el cual se incorpora el manejo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el ámbito educativo con la finalidad de contribuir en el desarrollo del aprendizaje.

2.2. Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)

Según Adell, Castellet y Pascual (Citado por Silva, 2011): "Es una aplicación informática diseñada para facilitar la comunicación pedagógica entre los participantes en un proceso educativo, sea este completamente a distancia, presencial o de naturaleza mixta que combine ambas modalidades en diversas proporciones" (p. 63), esta herramienta tecnológica de formación académica promueve la interacción y la cooperación entre los involucrados (Salinas, 2011).

2.3. Sistema de Gestión de Aprendizaje

Coates et al. (Citados por Silva, 2011) lo define como un Sistema de Gestión de Aprendizaje (*del inglés Learning Management System (LMS*)) es un software que permite el diseño, creación y gestión de entornos virtuales poniendo a disposición de los integrantes una serie de recursos y actividades para el desarrollo del proceso de aprendizaje.

2.4. Moodle

Es una plataforma bajo software libre que permite diseñar, generar y gestionar ambientes virtuales de aprendizaje personalizados que pone a disposición una variedad de recursos y actividades que benefician a estudiantes y educadores (MoodleDocs, 2019), dispone de varios recursos y actividades que permiten desarrollar un EVA, los cuales se describen a continuación en la Tabla 1 y Tabla 2:

Recurso	Descripción
Etiqueta	Permite insertar texto, imágenes y contenido multimedia.
Archivo	Para mostrar contenidos informativos (docx, pptx, xls, txt)
Página	Para publicar texto, imágenes, contenido multimedia y enlaces web.
URL	Vínculo de Internet hacia un sitio web.
Libro	Útil para introducir información contenido multimedia y enlaces web.

Fuente: (MoodleDocs, 2018b). Imágenes extraídas de la plataforma Moodle.

Tabla 1 – Recursos de la plataforma Moodle

Actividad	Descripción
Glosario	Lista de definiciones y contenido multimedia
Consulta	Pregunta de selección múltiple, con alternativa de publicación de resultados.
Tarea	Envío de contenido digital por parte del estudiante, revisado y calificado por el docente con puntaje registrado de forma manual en el libro de calificaciones.
Lección	Destinada a la exposición de contenidos e inserción de preguntas con opción de registro de puntaje.
Paquete SCORM	Permite incrustar paquetes SCORM como archivos comprimidos zip, que pueden incluir preguntas calificables registradas en el libro de calificaciones.
Foro	Permite intervenir en diálogos y debates asíncronamente.
Cuestionario	Actividad de evaluación, se proponen diferentes tipos de preguntas, el puntaje se registra en el libro de calificaciones.
Juegos	Vinculados con los glosarios: ahorcado, imagen oculta, sopa de letras, crucigrama, serpientes y escaleras. El puntaje se registra en el libro de calificaciones.

Fuente: (MoodleDocs, 2018a). Imágenes extraídas de la plataforma Moodle.

Tabla 2 – Actividades de la plataforma Moodle

2.5. Metodología PACIE

Su nombre es el resultado de las iniciales de cada una de sus fases: **P**resencia, **A**lcance, **C**apacitación, **I**nteracción y **E**-Learning (PACIE), creada por el Ingeniero ecuatoriano Pedro Camacho, Director de la Fundación para la Actualización Tecnológica de Latinoamérica (FATLA) (Flores y Bravo, 2012) (Basantes et al., 2018) (Cevallos-Villacrés et al., 2015).

Flores y Bravo (2012) define como una Metodología de aprendizaje utilizada para diseño de ambientes virtuales y formación académica en línea utilizando herramientas tecnológicas para fomentar y facilitar el proceso de aprendizaje, considerando como factores primarios la motivación, un ambiente cálido y el apoyo entre los integrantes. A continuación, la Tabla 3 describe las fases de esta metodología:

Fase	Descripción
Fase 1. Presencia	Busca atraer la atención de los estudiantes mediante la presentación adecuada de contenido multimedia, el uso de una imagen corporativa, diferente tipo de letra y color para destacar cierta información, entre otros.
Fase 2. Alcance	Establece y delimita los objetivos establecidos. Se divide en: *(i)* Alcance académico enfocado en alentar al estudiante sobre los contenidos expuestos son de su utilidad en el tiempo requerido adecuado; *(ii)* Alcance experimental define las experiencias adquiridas, las destrezas y habilidades; *(iii)* Alcance tutorial para establecer los recursos y actividades propuestas considerando la motivación, interacción y el tiempo requerido para la tutoría
Fase 3. Capacitación	Se centra en incrementar el potencial de los estudiantes y la motivación por aprender (Acosta, 2012). Para esto se requiere la experiencia del docente y el adecuado empleo de recursos y actividades propuestas.
Fase 4. Interacción	Permite la generación de espacios de socialización y colaboración, en un entorno acogedor y agradable para aprender.
Fase 5. E-learning	Abarca los aspectos: pedagógico y el tecnológico que integrados facilitan el proceso de aprendizaje por medio de las TICs, involucra la investigación, interacción, retroalimentación y la construcción de conocimientos

Fuentes: (Flores y Bravo, 2012); (Montoya, 2016); (Proaño, 2012); (Dávila, 2013)

Tabla 3 – Fases de la metodología PACIE

2.6. Estructura de un EVA según la metodología PACIE

La metodología PACIE divide al EVA en tres bloques que se detalla a continuación, en la Tabla 4:

	Bloque Cero o PACIE	Bloque Académico	Bloque de Cierre
Secciones	Información	Exposición	Negociación
	Comunicación	Rebote	Retroalimentación
	Interacción	Construcción	
		Comprobación	

Fuente: (Proaño, 2012, p. 90)

Tabla 4 – Estructura de secciones de un Entorno Virtual de Aprendizaje según PACIE

Bloque Cero o PACIE

Considerado como el bloque más importante, dado que propicia los lazos de compañerismo y amistad que impulsan la construcción de conocimientos colaborativos (Oñate (Citado por Acosta, 2012)), se clasifica en tres secciones representadas en la Tabla 5:

Sección	Descripcion
Información	Presenta la información general referente al curso: objetivos, guía para orientar al estudiante en el manejo de la plataforma, temario de los contenidos a tratar durante el curso, entre otros.
Comunicación	Espacio donde únicamente el docente tiene la facultad de publicar novedades como especificaciones de tareas o trabajos, establecer fechas para las evaluaciones, notificar eventos, entre otras; lo que permite a los estudiantes mantenerse al tanto ante cualquier suceso.
Interacción	Es la más significativa del EVA debido a que exhorta a los integrantes del curso inicialmente a conocerse y posteriormente a propiciar conversaciones externas al factor académico que incentiven la creación de vínculos de compañerismo y amistad.

Fuente: (Acosta, 2012)

Tabla 5 – Secciones del Bloque Cero o PACIE

Bloque Académico

Oñate (Citado por Acosta, 2012) establece que dentro de este bloque se presentan los contenidos y actividades de la asignatura. Se subdivide en cuatro secciones detalladas en la Tabla 6:

Sección	Decripción
Exposición	Reúne los contenidos digitales de la materia que el estudiante debe aprender en diversos tipos como: enlaces web, videos, texto, imágenes y material de otros autores para mantener su atención.
Rebote	Permite la ejecución de actividades de análisis con respecto a la sección de exposición, puede ser completada únicamente si el estudiante ha asimilado tales conocimientos, de no ser así, debe regresar a la sección de exposición hasta que se encuentre preparado.

Sección	Decripción
Construcción	Permite profundizar los conocimientos adquiridos en las secciones de exposición y rebote, además, promueve el análisis y el debate para generar propuestas donde nace el aprendizaje colaborativo.
Comprobación	Permite al docente evaluar el aprendizaje aquí se verifica que los estudiantes hayan asimilado y comprendido los temas tratados.

Fuente: (Acosta, 2012)

Tabla 6 – Secciones de Bloque Académico

Bloque de Cierre

Es el último bloque, permite conocer los errores y los aciertos suscitados durante el curso, con la finalidad de ir puliendo gradualmente el campus virtual (Proaño, 2012). Se clasifica en dos secciones descritas en la Tabla 7:

Sección	Descripción
Negociación	Persigue solucionar los aspectos afectaron el desempeño y aprendizaje, de tal manera, que se puntualicen las actividades y tareas que no se consiguieron para negociar con el docente su entrega dentro de los plazos establecidos; además, en esta sección, los estudiantes pueden despedirse de sus compañeros.
Retroalimentación	Permite evaluar varios aspectos del curso formalmente a través de una encuesta; la información recolectada puede ser útil para ir mejorando la presentación de contenidos, expectativas, plazos de entrega de tareas, formas evaluación, entre otros.

Fuente: (Orquera, 2012)

Tabla 7 – Secciones del Bloque de Cierre

3. Resultados

La presente investigación sigue un proceso de análisis previo antes de realizar el diseño del Entorno Virtual, sus aspectos fueron:

- Fundamentos básicos de Cloud Computing
- Las principales definiciones sobre e-learning como forma de aprendizaje cimentado en el manejo de las TICs, aspectos fundamentales referentes a Entornos Virtuales y Sistemas de Gestión de Aprendizaje (plataforma Moodle) y los conocimientos concernientes a la metodología PACIE
- La recopilación, organización y análisis de los trabajos de grado involucrados en el proyecto de investigación de *Cloud Computing* desarrollados en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, información que luego ha sido complementada y convertida en material didáctico y actividades académicas.

3.1. Selección del Sistema de Gestión de Aprendizaje

Investigaciones previas han permitido hacer un análisis comparativo de los LMS más utilizados, por lo que se ha concluido que el más recurrente es Moodle. La Tabla 8 presenta un resumen del análisis según cinco fuentes consultadas. La última columna

indica el número de recurrencias (Nr) sobre el total de fuentes consultadas (T), el LMS que muestre el mayor número de recurrencias es el seleccionado.

LMS	Clarenc et al., 2013	Capterra, 2015	Fernández y Rivero, 2014	SCOPEO, 2011	Universidad Internacional de Valencia, 2018	Nr/T
ATutor	x		x			2/5
Blackboard	x	x			x	3/5
Claroline	x		x	x		3/5
Dokeos	x		x	x	x	4/5
dotLRN	x			x		2/5
ILIAS	x		x	x		3/5
Moodle	x	x	x	x	x	5/5
Sakai	x		x	x	x	4/5
Edmodo		x				1/5
Schoology		x				1/5

Fuentes: Adaptado de (Clarenc et al., 2013); (Capterra, 2018); (Fernández y Rivero, 2014); (Universidad Internacional de Valencia, 2018); (SCOPEO, 2011). Elaborado por los autores.

Tabla 8 – Resumen del análisis comparativo de los LMS más utilizados

3.2. Aplicación de las fases de PACIE en el diseño del EVA

Después de recopilar, estudiar, interpretar y analizar la información requerida se procedió a diseñar el aspecto visual y a generar los recursos y actividades del EVA de acuerdo con las fases de Metodología PACIE, como se describe en la Tabla 9:

Fase	Desarrollo
Presencia	Se diseñó la imagen corporativa del EVA tomando en cuenta el empleo de las TICs para atraer la atención de los usuarios y exhortarlos a la navegación y participación. Ver Figura 1.
Alcance	Basándose en el studio interpretación y análisis de la información recolectada, se diseñó de forma ordenada y secuencial el programa de estudio con objetivos concretos centrándose en las experiencias y destrezas a desarrollar.
Capacitación	Se han procurado la creación de recursos y actividades que incentiven el autoaprendizaje y el trabajo grupal, de forma que los estudiantes puedan desarrollar sus capacidades, siendo indispensable el dominio en el área de estudio del docente.
Interacción	Se han elegido recursos y actividades del LMS que faciliten la socialización, el compañerismo y la comunicación para promover la motivación, la cooperación, y la construcción de conocimientos. Ver Sección de Interacción de la Figura 2.
E-learning	A través del manejo de las herramientas virtuales que proporciona el Sistema de Gestión de Aprendizaje y la incorporación de otros programas utilizados se facilita el proceso de aprendizaje y se estimula la interacción y la investigación.

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 9 – Aplicación de las fases de PACIE en el diseño del EVA

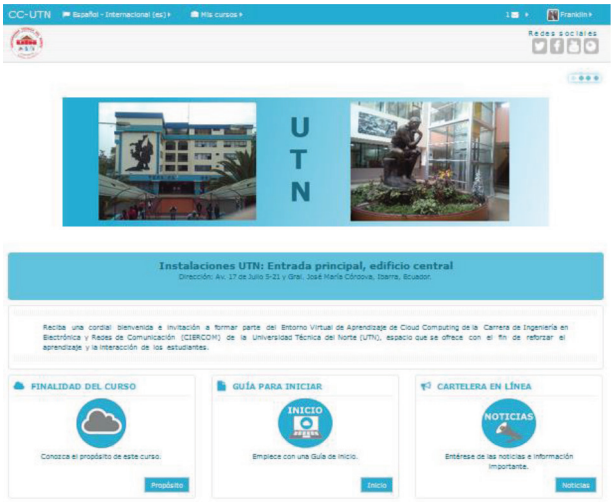


Figura 1 – Fase Presencia del EVA. Proyecto: Entorno Virtual de Aprendizaje del Proyecto de Cloud Computing en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte

3.3. Estructura de un EVA según la metodología PACIE

Las Figuras 2 y 3 y las Tablas 12, 13 y 14 muestran las capturas de pantalla de los bloques y unidades del EVA denominado "Universidad Técnica del Norte - Cloud Computing" de acuerdo con la metodología PACIE, alojado en la plataforma Moodle desarrollado en la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad técnica del Norte.

Bloque Cero: Introducción

Sección	Recurso/Actividad
Información	Página
	Archivo
Comunicación	Foro
Interacción	Foro
	Act. externa (GoogleDocs)

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 10 – Recursos y actividades utilizados en el Bloque Cero

Bloque Académico

Se divide en cinco unidades: Unidad I (*UI*), Unidad II (*UII*), Unidad III (*UIII*), Unidad IV (*UIV*), Unidad V (*UV*) representadas en la Tabla 11:

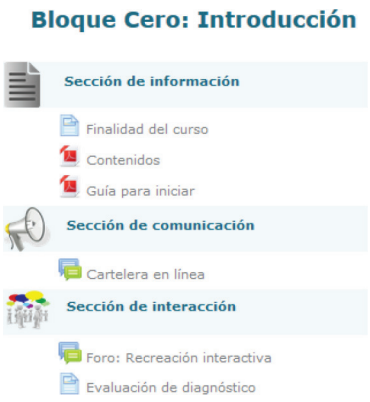


Figura 2 – Bloque Cero o PACIE del EVA. Proyecto: Entorno Virtual de Aprendizaje del Proyecto de Cloud Computing en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte

Sección	Recurso/Actividad	UI	UII	UIII	UIV	UV
Exposición	Libro	x	x	x	x	x
	URL		x	x	x	x
	Glosario	x	x	x	x	x
	Archivo	x	x	x	x	
Rebote	Consulta	x				
	Tarea		x	x	x	x
	Lección		x			
	Juego	x	x	x	x	x
	Actividad externa (Hot Potatoes)	x			x	
	Actividad externa (Ardora)					x
Construcción	Foro	x	x	x	x	x
Comprobación	Cuestionario		x	x	x	x
	Act. externa (Hot Potatoes)	x				

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 11 – Recursos y actividades utilizados en el Bloque Académico

A continuación, se presenta la descripción del bloque académico de las cinco unidades creadas en el EVA del Proyecto de Cloud Computing en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte:

Descripción	Representación de la Unidad I
***Título**: Unidad I – Conceptos básicos de Cloud Computing* ***Descripción**: Contiene información y actividades referentes a los fundamentos elementales de Cloud Computing, la siguiente imagen muestra la apariencia de esta unidad en el EVA.*	 Figura 3 – Bloque académico Unidad I

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 12 – Bloque Académico para la Unidad I

Descripción	Representación de la Unidad II
***Título**: Unidad II - Centro de Datos TIER I bajo el estándar TIA 942* ***Descripción:** Contiene información y actividades referentes al Centro de Datos implementado en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas que actualmente se encuentra funcionando con normalidad.*	 Figura 4 – Bloque académico Unidad II

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 13 – Bloque Académico para la Unidad II

Descripción	Representación de la Unidad III
***Título**: Unidad III - Infraestructura como Servicio bajo la plataforma Openstack* ***Descripción**: Abarca recursos y actividades referentes a la definición, componentes, arquitectura y cálculos que tiene que ver con la plataforma Openstack.*	

Figura 5 – Bloque académico Unidad III

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 14 – Bloque Académico para la Unidad III

Descripción	Representación de la Unidad IV
***Título:** Unidad IV - Infraestructura como Servicio bajo la plataforma Opennebula* ***Descripción:** Contiene los recursos y actividades correspondientes a la definición, características, arquitectura y subsistemas de la plataforma Opennebula.*	

Figura 6 – Bloque académico Unidad IV

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 15 – Bloque Académico para la Unidad IV

Descripción	Representación de la Unidad V
Título: *Unidad V - Infraestructura como Servicio bajo la plataforma Eucalyptus.* ***Descripción:*** *Incorpora la información y actividades correspondientes a la introducción, características, infraestructura y requerimientos de la plataforma Eucalyptus.*	 Figura 7 – Bloque académico Unidad V

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 16 – Bloque Académico para la Unidad V

Bloque de Cierre: Para terminar

En este bloque fueron creados recursos de interacción asíncrona descritos en la Tabla 15 y demostrada en la Figura 8:

Sección	Recurso/Actividad
Negociación	Foro
Retroalimentación	Consulta
	Encuesta

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 17 – Actividades utilizadas en el Bloque de Cierre

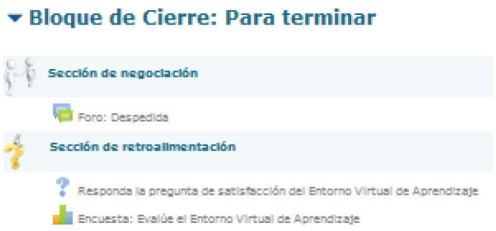


Figura 8 – Bloque Cero o PACIE del EVA. Proyecto: Entorno Virtual de Aprendizaje del Proyecto de Cloud Computing en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte

4. Conclusiones

Esta solución procura contribuir al incremento de conocimiento y experiencia técnica para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Redes y Comunicación – Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones en el área de Cloud Computing, así como la difusión de los estudios de caso que fueron puestos en producción durante el Proyecto: Entorno Virtual de Aprendizaje del Proyecto de Cloud Computing en la Carrera de Ingeniería Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte.

Basándose en los trabajos de grado que integran el proyecto de *Cloud Computing*, implementado en la Facultad de Ingeniería en Ciencias aplicadas, material de estudio del EVA, se han establecido cinco unidades para facilitar el proceso de gestión y de aprendizaje, las que abarcan conocimientos concernientes a fundamentos básicos de CC, infraestructura del Centro de Datos que aloja los equipos tecnológicos de la facultad y con capacidad suficiente para el despliegue del proyecto de *Cloud Computing* y el estudio de las plataformas de infraestructura Cloud Openstack, Opennebula y Eucalyptus.

El diseño del EVA se ha realizado en un ordenador de prueba utilizando el entorno de desarrollo web *Wampserver* que proporciona la infraestructura necesaria para trabajar con el Sistema de gestión Moodle (servidor web Apache, gestor de base de datos MySQL, lenguaje de programación PHP) bajo el Sistema Operativo Windows.

El sistema de gestión que aloja al Entorno Virtual de Aprendizaje de esta investigación es la plataforma de software libre Moodle que cuenta con herramientas que procuran incentivar la cooperación, y son fácilmente adaptables a los requerimientos del campus virtual, entre ellas, actividades individuales, actividades grupales: Foros, wikis, chats, talleres.

El Entorno Virtual de Aprendizaje se ha desarrollado bajo los lineamientos de la metodología de enseñanza aprendizaje PACIE que considera como parte fundamental la motivación, la interacción y el aprendizaje colaborativo en el proceso de formación académica.

La estructura del EVA abarca tres bloques principales que se dividen secciones con la finalidad de organizar los procesos de gestión y de aprendizaje.

El bloque de cierre permite obtener una retroalimentación sobre el cumplimiento de expectativas tanto del curso, docente, tutor y actividades

Siguiendo los lineamientos de la metodología de enseñanza aprendizaje PACIE se pretende impulsar la motivación, la interacción, el aprendizaje colaborativo y la construcción del conocimiento en el proceso de formación académica.

Referencias

Acosta, E. (2012). *Curso virtual de administración de bases de datos basado en Postgresql y herramientas de software libre*. Recuperado de http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1072/1/04%20ISC%20220-TESIS-CVABDD.pdf

Basantes, A. V., Naranjo, M. E., & Ojeda, V. (2018). PACIE methodology in virtual education: An experience at técnica del norte university. Formacion Universitaria, 11(2), 35–44. https://doi.org/10.4067/S0718-50062018000200035

Capterra. (2018). *Best LMS Software*. [El Mejor Software LMS]. Recuperado de https://www.capterra.com/learning-management-system-software/#infographic

Cevallos-Villacrés, Y., Meza-Herrera, M., Molina-Valdiviezo, L., Torres-Flores, G., & Machado-Sotomayor, G. (2015). PACIE methodology applied in virtual learning environments to support learner academic performance. 1, 246–252. Retrieved from Scopus

Clarenc, C., Castro, S., López de Lenz, C., Moreno, M., Tosco, N. (2013). *Analizamos 19 plataformas de e-Learning: Investigación colaborativa sobre LMS*. Recuperado de http://cooperacionib.org/191191138-Analizamos-19-plataformas-de-eLearning-primera-investigacion-academica-colaborativa-mundial.pdf

Dávila, M. (2013). *Análisis, diseño e implementación de un sistema de aula virtual para capacitación de personal en la empresa Undermedia S.A*. Recuperado de http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6809/1/T-ESPE-047271.pdf

Fernández Naranjo, A. y Rivero López, M. (2014). Las plataformas de aprendizajes, una alternativa a tener en cuenta en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Cubana de Informática Médica*, 6(2), 207-221. Recuperado el 15 de diciembre de 2016, a partir de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592014000200009&lng=es&tlng=es

Flores, K. y Bravo, M. (2012). Metodología PACIE en los ambientes virtuales de aprendizaje para el logro de un aprendizaje colaborativo. Diálogos educativos, (24), 3-17.

Martinez, E. L., & Fuentes, M. R. (2013). Implementación de la metodología PACIE en cursos semipresenciales en el Entorno Virtual de Aprendizaje de TIC. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa, 1(1). Retrieved from http://pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/7

Montoya, J. (2016). Aplicación de la metodología PACIE en el aprendizaje de la matemática de la básica superior. Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4607/1/20T00685.pdf

MoodleDocs. (2018a). *Acerca de Moodle*. Recuperado 1 de agosto de 2018, de https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle

MoodleDocs. (2018b). *Recursos*. Recuperado 1 de agosto de 2018, de https://docs.moodle.org/all/es/Recursos

Moodle. (2019). Moodle - Open-source learning platform | Moodle.org. Retrieved June 26, 2019, from https://moodle.org/?lang=es

MoodleDocs. (2019). Acerca de Moodle. Recuperado 20 de junio de 2019, de https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle

Navarro, E., & Texeira, A. (2011). Constructivismo en la Educación virtual. Didáctica, innovación y multimedia, (21), 0001–0008.

Orquera, M. (2012). Aulas Virtuales en la Educación Presencial. El Investigador, 4 (4). Recuperado de: http://www.utn.edu.ec/transparencia/wp-content/uploads/2014/03/Revista-El-Investigador-Nro-04.pdf

Proaño, M. (2012). Estudio de la metodología PACIE para la creación de entornos virtuales de aprendizaje a nivel empresarial, aplicación Empresa REYBANPAC. Recuperado de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2551

Salinas, M. (2011). Entornos virtuales de aprendizaje en la escuela: tipos, modelo didáctico y rol del docente. Pontificia Universidad Católica de Argentina. 1-5.

SCOPEO (2011). *Aproximación pedagógica a las plataformas open source en la universidad española*, Marzo de 2011. Monográfico SCOPEO, nº 2. Recuperado 15 de marzo 2016 a partir de http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/04/scopeom002.pdf

Silva, J. (2011). Diseño y moderación de entornos virtuales de aprendizaje (EVA). Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=_OdFFeq_wbMC&pg=PA26&dq=definicion+de+e+learning+2011&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjvsZbdurPLAhVEGB4KHdcABvgQ6AEIMjAB#v=onepage&q=definicion%20de%20e%20learning%202011&f=false

Universidad Internacional de Valencia. (2018).*Características, tipos y plataformas más utilizadas para estudiar a distancia*. Recuperado de https://www.universidadviu.com/caracteristicas-tipos-y-plataformas-mas-utilizadas-para-estudiar-a-distºancia/

Universidad Técnica del Norte. (2013). Estatuto Orgánico. Recuperado de http://www.utn.edu.ec/web/portal/images/doc-utn/estatuto-organico-utn.pdf

Universidad Virtual. (2019). Educación Online. Recuperado de http://eduvirtual.utn.edu.ec/web/

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

Recebido/Submission: 03/09/2019
Aceitação/Acceptance: 05/11/2019

Marco legal de la educación virtual a distancia hacia su implementación en el contexto latinoamericano

Roger Freire Avilés[1], Néstor Vera Lucio[1], Judith Díaz Nava[2]

rfreire@uagraria.edu.ec, jdiaz@uagraria.edu.ec, nvera@uagraria.edu.ec

[1] Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, 090203, Guayaquil, Ecuador.

[2] Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Economía Agrícola, 090203, Guayaquil, Ecuador.

Pages: 87–102

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo general analizar el marco legal de la educación virtual a distancia en las universidades venezolanas, con la finalidad de propiciar la misma en el contexto latinoamericano. El presente estudio es señalado con un diseño descriptivo, enmarcado en el paradigma cuantitativo, el cual se identifica como un diseño de campo, no experimental y descriptivo, según Hernández y otros (2006). Esta investigación se conformó por una población constituida por coordinadores de los centros de educación virtual a distancia de Venezuela, a los cuales se les aplicó un instrumento donde se recolectaron los datos que fueron procesados estadísticamente mediante la aplicación de medidas de tendencia central y variabilidad. Con este análisis se procedió a elaborar las conclusiones y recomendaciones para fomentar la implementación de la modalidad de educación virtual a distancia en el contexto de todas las universidades latinoamericanas.

Palabras-clave: Educación virtual a distancia; modalidad; marco legal; innovación.

Legal model of virtual distance education towards its implementation in the Latin American context

Abstract: The purpose of this research was to analyze the legal model of virtual distance education in Venezuelan universities, in order to promote it in the Latin American context. The present study is indicated with a descriptive design, framed in the quantitative paradigm, which is identified as a non-experimental and descriptive field design, according to Hernández et al. (2006). This research was made up of a population made up of coordinators of the virtual distance education centers in Venezuela, to which an instrument was applied where the data that were statistically processed through the application of measures of central tendency and variability were collected. With this analysis, the conclusions and recommendations to promote the implementation of the virtual distance education modality in the context of all Latin American universities were elaborated.

Keywords*:* Virtual education at a distance; modality; legal framework; innovation.

1. Introducción

La principal característica de la revolución tecnológica en Latinoamérica actualmente es el uso de las tecnologías para la socialización del conocimiento e información a las personas, sin importar el lugar geográfico donde se encuentren. Este nuevo paradigma se ha extendido por el mundo, jugando un papel importante en el desarrollo del aprendizaje. El uso intensivo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en las experiencias de educación a distancia ha justificado una percepción más moderna de este tipo de educación, por lo que se puede afirmar que la educación virtual a distancia ha conseguido, gracias a la incalculable ayuda de las TIC actuales, superar los obstáculos que, históricamente, habían impedido que se manifestara con fuerza como un sistema educativo válido y eficiente.

Esta investigación realiza un análisis del marco legal que regula la educación virtual a distancia en la República Bolivariana de Venezuela, con la finalidad de tomar como modelo para la apertura de esta modalidad en el contexto de las universidades latinoamericanas, con la intención de llevar la educación superior a todos los lugares de estos países, con el único requerimiento del uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).

Evidentemente, en un entorno internacional cada vez más complejo donde los avances tecnológicos y el acceso a la información condicionan el ritmo de las innovaciones, resulta de gran importancia para la competitividad de las universidades disponer de un sistema de educación a distancia virtual adecuado a las expectativas de los usuarios.

2. Educación a distancia

La educación a distancia ha tenido un repunte en las instituciones educativas de educación universitaria y se han construido programas de estudios con la finalidad de resolver aspectos de cobertura de la demanda educativa, no solo en el punto de vista de la cantidad, sino también, desde la perspectiva de la educación continua, la discapacidad, innovación educativa, acceso desde sitios remotos casi inaccesibles entre otros.

A este respecto, señala Herrera (2007), la siguiente definición sobre la educación a distancia: Proceso de transmisión y apropiación de la cultura, en el que la actividad y la comunicación de sus protagonistas (estudiante, grupo, profesor), tienen lugar en condiciones de separación física, por lo que el aprendizaje se lleva a cabo básicamente de manera independiente (individual y/o colaborativamente), con el apoyo de un sistema de medios y materiales didácticos, así como de una atención tutorial que, en las condiciones de esa modalidad educativa, resultan los principales mediadores en el acceso al contenido de enseñanza-aprendizaje y en la comunicación interpersonal.

Por lo tanto, los centros de educación a virtual a distancia venezolanos al igual que las universidades en el contexto latinoamericano no escapan a la realidad de los constantes cambios en el entorno y la necesidad de detectar oportunidades en los retos que afronta día a día la educación a distancia, con el fin de predecir estos cambios y tomar medidas para el futuro.

La variable de estudio es la educación a distancia y la dimensión que se analizará es el marco legal y sus respectivos indicadores, los cuales se observan en la tabla No. 1.

Objetivo general: Describir el marco legal de la educación virtual a distancia en la universidad venezolana			
VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	AUTORES
Educación virtual a distancia	Marco Legal	• CRBV (Constitución de la República Bolivariana de Venezuela) • Ley de Educación Superior • CNU-OPSU (Consejo Nacional de Universidades – Oficina de Planificación del Sector Universitario • Normativa Nacional para la EAD (Estudios a Distancia)	La Rocca (2003)

Tabla 1 – Variable: Educación a Distancia

El cambio tecnológico contribuye decididamente a la conformación a un modelo emergente de la enseñanza basado en la incorporación de tecnologías y que promueve la virtualización de la educación (Silvio, 1998, 2000). A lo largo de la historia, la educación ha aumentado el peso de los componentes no presenciales como proceso de su evolución y tendencia hacia el mejoramiento de la calidad a través de su apoyo en las TIC.

Al mismo tiempo, la educación se traslada lentamente hacia un escenario virtual en el marco de la convergencia digital donde se refuerzan las tendencias hacia una educación sin fronteras. Un gran beneficio de las TIC es que se pueden obtener conocimientos desde otras naciones, flexibles y fragmentados a escala global, permitiendo alianzas, con profesores, estudiantes e instituciones de cualquier parte del mundo, como mecanismos para poder acceder a mejores niveles de formación. Esto se puede expresar en las crecientes mega universidades a distancia (Daniel, 1998), como modalidad de educación basada en redes de comunicaciones, estructuras flexibles de acceso, gran variedad de ofertas, costos accesibles y nuevos modelos pedagógicos y que ahora incluyen plataformas, videos, software y el uso de internet.

Según Lupion (2009), los resultados de aprendizaje de estas modalidades respecto a la presencial no muestran diferencias significativas. Otros estudiantes comienzan a mostrar mejores aprendizajes con el uso de la plataforma de aprendizaje virtual a distancia. Para Rama (2008), la mayor diferenciase localiza en los costos por alumno. Tampoco parecen existir diferencias por cobertura debido a los criterios normativos de regulación de educación a distancia en la región que tienden a establecer un mínimo de docentes por alumnos (Mena et al., 2008). Esta modalidad de educación a distancia facilita ofertas más segmentadas como la educación continua, intercambiabilidad y reutilización de contenidos, construyendo amplias redes de gestión de conocimiento institucionales (García, 2009).

3. La educación a distancia en Latinoamérica

El nuevo paradigma que nace de la incorporación de las TIC y que se denota en la educación virtual, como modalidad educativa, se está generalizando con mucha rapidez en América Latina, en el marco de diversas resistencias asociadas a la tradicional dinámica educativa y la forma en la cual se introducen socialmente segmentadas las innovaciones tecnológicas (Corica, 2012). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2006) sostiene que en América Latina y el Caribe está emergiendo una economía en la que proliferan productos digitales y redes digitales concentradas en torno a internet en el marco de un nuevo escenario, donde los modos de regulación económica y de protección de los derechos intelectuales reclaman su actualización a los ambientes digitales y virtuales.

En este sentido, a diferencia de la primera fase de los 70 y 80, el sector privado a distancia es dominante en la mayor parte de la región, especialmente en México, Brasil, Ecuador, Perú, República Dominicana y Argentina. Inversamente, el sector público es dominante en Costa Rica, Venezuela, Honduras, Colombia y Uruguay derivado tanto de la dominancia de las viejas instituciones a distancia públicas como del peso de las regulaciones sobre las privadas y de la autonomía de oferta de las públicas. Estos cambios no refieren solamente a la tradicional modalidad a distancia que asume profundas reingenierías, sino también a la tradicional educación presencial que creciente incorpora plataformas, aplicaciones informáticas, laboratorios como aulas, dinámicas bajo plataformas web de interacción y trabajos colaborativos. De lo mencionado, se puede decir que tanto la nueva educación a distancia en el entorno virtual como la propia digitalización de la enseñanza sean, en este momento, el motor más importante del aumento de la cobertura educativa en la región.

La educación a distancia en el nuevo entorno virtual, en la mayor parte de los países, está sujeta crecientemente a estándares mínimos, y los sistemas de evaluación y acreditación se ajustan al marco legal de estas modalidades. En la región, uno de los motores de esta reforma en curso es la generalización de las plataformas Moodle de fuente abierta que permite altos niveles de flexibilidad, y costos bajos. El enfoque por competencia es muy aún reducido, ya que las ofertas están dadas sobre ejes de conocimientos dados por los académicos, que refuerza los niveles de presencialidad en la dinámica, pero se aprecia el inicio de procesos de enseñanza 100% virtuales en México, Venezuela y Colombia y la aparición creciente de aplicaciones informáticas focalizadas en la realización de prácticas y la adquisición de competencias. Varias universidades comienzan además a plantearse incursionar en la producción de MOOC (Massive Open Online Course), que son los cursos masivos abiertos en línea.

Del mismo modo, en la actualidad se puede observar que las resistencias políticas o normativas son cada vez menores (Mena et al., 2008; Miklos, 2005; Lupion, 2008; UTPL, 2012) y se constatan los altos niveles de expansión de esta modalidad en los últimos años asociados a cambios en la demanda de formación, a las ofertas por las instituciones y a las políticas y niveles de reconocimiento de las certificaciones. Por lo mencionado anteriormente, la importancia en el conocimiento del marco legal de la educación virtual a distancia.

Este proceso de modalidad educativa genera una amplia y significativa reforma que impacta a la matrícula, las prácticas pedagógicas, las mallas curriculares y las propias ofertas de los profesionales. En este sentido, se puede apreciar que se está viviendo una revolución educativa hacia la reforma de la educación virtual a distancia, la cual constituye una de las más significativas transformaciones universitarias contemporáneas y que está remodelando a toda la educación superior en Latinoamérica, y no sólo a la educación a distancia tradicional.

4. Contextualización de la educación superior en venezuela

De acuerdo a La Rocca (2003), la contextualización de la Educación Superior en Venezuela, se describe en los siguientes aspectos:

4.1. Caracterización de la educación en Venezuela

En Venezuela se aprueba en 1980 por el Congreso Nacional la Ley Orgánica de Educación, la cual contribuye a orientar el desarrollo educacional e introduce elementos para sistematizar la gran heterogeneidad institucional que se había conformado hasta ese momento y es la que aún se encuentra vigente.

Esta ley establece las directrices y bases de la educación como proceso integral; determina la orientación, planificación y organización del sistema educativo y norma el funcionamiento de los servicios que tengan relación con este (artículo 1).

El sistema educativo es un conjunto orgánico integrador de políticas y servicios que garanticen la unidad del proceso educativo, tanto escolar como extra-escolar y su continuidad a lo largo de la vida de la persona mediante un proceso de educación permanente (artículo 14).

El sistema educativo venezolano comprende niveles y modalidades. Son niveles: la educación preescolar, la educación básica, la educación media diversificada y profesional y la educación superior. Son modalidades el sistema educativo: la educación especial, la educación militar, la educación para la formación de ministros del culto, la educación de adultos y la educación extra-escolar (artículo 16).

4.2. Subsistema de educación superior

Los fines, estructura y funcionamiento de la educación en Venezuela están definidos en la Constitución de Nacional (1999) y por un conjunto de leyes y reglamentos, entre los cuales destacan la Ley Orgánica de Educación, la Ley orgánica de la Administración Central y la Ley de Universidades. En Venezuela no existe en este momento una Ley de Educación Superior sin embargo sigue aún vigente la Ley de Universidades que fue modificada por última vez en el año 1970 y la cual fue creada en 1958.

El Subsistema de Educación Superior está integrado por diferentes tipos de instituciones: Universidades, Institutos y Colegios Universitarios. Estas instituciones están regidas por la Ley de Universidades y el Reglamento de los Institutos y Colegios Universitarios y sus respectivos reglamentos internos que les definen una organización determinada en

sus estructuras y sistemas académicos, administrativos y de gobierno y les establecen condiciones y requisitos en cuanto a su funcionamiento y políticas de estudio.

La Universidad (según ley), es fundamentalmente una comunidad de intereses espirituales que reúne a profesores y estudiantes en la tarea de buscar la verdad y afianzar los valores trascendentales del hombre (Art. 1).

Son Instituciones al servicio de la nación y deben realizar una función rectora en la educación, la cultura y la ciencia. Para cumplir estas misiones, sus actividades se dirigen a crear, asimilar y difundir el saber mediante la investigación y la enseñanza; a completar la formación integral iniciada en los ciclos educacionales anteriores; y a formar los equipos profesionales y técnicos que necesita la Nación para su desarrollo (Artículo 2 y 3). Las Universidades son Nacionales o Privadas. Las Universidades Nacionales adquirirán personalidad jurídica con la publicación en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela del Decreto del Ejecutivo Nacional por el cual se crean. Las Universidades Privadas requieren para su funcionamiento la autorización del Estado, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 173, 174, 175 y 176 de la Ley de Universidades. (Artículo 8).

Conforme a lo dispuesto en la ley, en el sector universitario existen tres tipos de universidades:

- Universidades Nacionales Autónomas (Artículo 9).
- Universidades Nacionales Experimentales (Artículo 10 Ley de Universidades).
- Universidades Privadas (Artículo 173 Ley de Universidades).

Adicional a las Universidades, se encuentran los Institutos y Colegios Universitarios, los cuales son establecimientos dirigidos a proporcionar instrucción básica y multidisciplinaria para la información y capacitación de recursos humanos; formar profesionales de nivel superior en todas las áreas requeridas para el desarrollo integral del país; implantar nuevas orientaciones, modernos sistemas de aprendizaje en la Educación Superior; y a realizar programas de investigación predominantemente aplicadas de acuerdo a las exigencias propias de las regiones (Artículo 1, Reglamento de Institutos y Colegios Universitarios, 1974).

5. Organismos que rigen la educación superior

Los organismos que rigen la Educación Superior en el país se describen a continuación:

5.1. Ministerio de Educación Superior

Anteriormente la Educación Superior en Venezuela dependía del Ministerio de Educación, Deporte y Cultura. Hoy en día depende del Ministerio de Educación Superior el cual fue creado el 8 de Enero de 2002, a través del Decreto de creación N° 1.634, con el objetivo de ser el órgano rector del Sistema de Educación Superior en Venezuela.

Este ministerio es el responsable de asesorar, formular y ejecutar políticas, planes y proyectos que permiten el mejoramiento de la calidad, la equidad y la pertinencia de la educación superior en la búsqueda permanente de la excelencia académica a partir de la evaluación continua de sus componentes, la existencia de un personal altamente calificado y una estructura organizativa de alta eficiencia y eficacia, sustentada en un

modelo participativo y democrático, a fin de asegurar que la formación del talento humano en educación superior, tanto formal como no formal, esté en función de los requerimientos del desarrollo del país.

5.2. Consejo Nacional de Universidades

El Consejo Nacional de Universidades (CNU) es el organismo encargado de definir la orientación y desarrollo de sistema universitario nacional y de asegurar el cumplimiento de la Ley de Universidades y decisiones correspondientes.

El Consejo Nacional de Universidades fue creado en septiembre de 1946, mediante el Estatuto Orgánico de las Universidades Nacionales, promulgado, mediante Decreto No. 408 de la Junta Revolucionaria de Gobierno de los Estados Unidos de Venezuela y publicado en la Gaceta Oficial de los Estados Unidos de Venezuela No. 22.123 del 28 de septiembre de 1946, en ese mismo Estatuto se confiere autonomía a las Universidades. En su artículo 3 señala: "Para mantener la unidad pedagógica y cultural y científica de las Universidades Nacionales funcionará un Consejo Nacional de Universidades que estará constituido por un Delegado de los Estudiantes de cada Universidad, elegido por votación directa y secreta en los sectores respectivos. Por los Rectores de las universidades y por el Ministro de Educación Nacional, quien lo presidirá".

5.3. Normativa nacional para la educación a distancia

El Consejo Nacional de Universidades (CNU) y la Oficina de Planificación del Sector Universitario (OPSU), organismos reguladores de la educación superior venezolana, plantean para el año 2009 la propuesta de normativa nacional para la educación superior a distancia considerando los siguientes aspectos:

Artículo 1. Esta normativa establece los lineamientos que orientan la creación, sistematización desarrollo, implantación y evaluación de la Educación Superior a Distancia (en lo sucesivo ESaD) en la República Bolivariana de Venezuela.

Artículo 2. Se define la ESaD como una modalidad educativa sustentada en ambientes de aprendizaje que trascienden espacio y tiempo, que utiliza las tecnologías de la información y de la comunicación (en lo sucesivo TIC), y responde a una política institucional y nacional.

Parágrafo Único: Con la finalidad de promover el uso de diferentes tecnologías (digitales, audiovisuales, impresas) con fines instruccionales, se considera una concepción amplia de las TIC, la cual incluye cualquier herramienta o servicio tecnológico actual o futuro, que facilite las mediaciones didácticas interactivas, la entrega o distribución de los recursos y el desarrollo de las actividades de enseñanza y de aprendizaje a distancia.

Artículo 3. Las Instituciones de Educación Superior (en lo sucesivo IES), de acuerdo con sus posibilidades, deben incorporar progresivamente la modalidad a distancia, sustentada en las TIC, en todos los programas de pregrado y postgrado, con menor o mayor énfasis de virtualidad.

Artículo 4. Las IES que ofrezcan la modalidad a distancia, deben cumplir con los siguientes objetivos: Ampliar las oportunidades de estudios y la oferta de modalidades

de Educación Superior en el país, ofrecer programas de calidad en términos de su pertinencia, eficiencia y eficacia; favorecer la igualdad de oportunidades para la formación y actualización a nivel superior ampliando la cobertura espacial y temporal, y atendiendo las necesidades educativas especiales de los estudiantes.

Artículo 5. La ESaD tendrá un carácter mixto, preferiblemente con énfasis en actividades no presenciales, mediadas por las TIC, o podrá ser totalmente virtual, tomando en consideración la naturaleza de las diferentes disciplinas y las características de los estudiantes.

Parágrafo primero: Se entiende por carácter virtual cuando los ambientes de aprendizaje son mediados por las tecnologías.

Parágrafo segundo: Se entiende por carácter mixto la combinación de ambientes de aprendizaje presenciales con ambientes de aprendizaje mediados por las tecnologías.

Parágrafo tercero: Las IES deben planificar y desarrollar las actividades presenciales de la modalidad mixta de manera tal que se optimice el uso y aprovechamiento de los recursos existentes: docentes, espacios físicos y unidades de apoyo académico-administrativo.

Parágrafo cuarto: Cada IES atenderá la necesidad de realizar actividades presenciales cuando se consideren indispensables para el aprendizaje y desarrollo de habilidades psicomotrices o intelectuales, según las características de cada carrera.

Artículo 6. La ESaD debe promover los valores establecidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, como la responsabilidad, honestidad, respeto, corresponsabilidad, solidaridad y todos aquellos que contribuyan a la calidad de la formación y desarrollo del ciudadano.

Artículo 7. La ESaD debe promover el principio universal de equidad social favoreciendo la inclusión de todos los estudiantes, propiciando las condiciones adecuadas y necesarias para su ingreso, permanencia y egreso.

Artículo 8. La ESaD debe caracterizarse por: su pertinencia social y académica, relevancia en el contexto nacional, regional y local, flexibilidad del modelo educativo que propone, innovación de la propuesta pedagógica, promoción del manejo del aprendizaje y del conocimiento por parte del estudiante, alternativas versátiles del manejo de la comunicación y el uso adecuado de las TIC.

Artículo 9. Las IES deben establecer los mecanismos necesarios para la ubicación de los alumnos de nuevo ingreso asignados a las diferentes carreras, en la modalidad a distancia. Estos mecanismos deben garantizar la inclusión y la equidad social.

Artículo 10. El Estado debe garantizar anualmente los presupuestos necesarios para que las instituciones nacionales cumplan con su cometido de democratizar el acceso a la Educación Superior para todos los ciudadanos y ciudadanas mediante programas a distancia.

Parágrafo Único: El Estado debe otorgar subvenciones a los estudiantes, para favorecer su ingreso y prosecución en IES privadas, cuando las circunstancias así lo requieran.

Artículo 11. Los programas en la modalidad de educación a distancia impartidos en las Instituciones Nacionales son gratuitos hasta el nivel de pregrado, conforme a lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

6. Metodología

Dada la naturaleza de la variable educación virtual a distancia, esta investigación fue de tipo descriptiva, por cuanto comprende elementos metodológicos de carácter descriptivo, en función de caracterizar las actividades de detectar características, describir funciones y definir fuente de información del marco legal que rige la educación virtual a distancia en las Universidades.

Según Hernández y otros (2006), el tipo de investigación descriptiva es aquella que mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar El objetivo fundamental es señalar las particularidades de una situación hecho o fenómeno, es decir, describir sistemáticamente el comportamiento de una variable, haciendo uso de la estadística descriptiva, porque es aconsejable al describir, señalar números, cantidades, promedios, porcentajes.

El diseño de la investigación proporciona un modelo de verificación que permite contrastar hechos con teoría. En este sentido, el presente estudio utilizo un diseño de investigación de campo, no experimenta y, descriptivo, debido a que no se manipuló deliberadamente la variable objeto de estudio, a saber, educación virtual a distancia, sino que se recolectó en un momento o tiempo único, que fue el periodo comprendido entre julio de 2018 a enero de 2019.

Para la medición/descripción de la educación virtual a distancia, se tomó la información tal y como se presentó en las universidades que poseen educación superior a distancia, correspondiéndose esto con la condición indispensable de una investigación de campo, de acuerdo a los criterios expuestos por Sabino (1998), según refiere a métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo.

6.1. Población y muestra

De acuerdo a Tamayo y Tamayo (2004), la población está determinada por sus características definitorias, por tanto, el conjunto de elementos que poseen esta característica se denomina población o universo. Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a la investigación.

En esta investigación la población estuvo conformada por los diversos coordinadores de los centros de educación virtual a distancia en las universidades venezolanas. (Ver tabla 2).

Los criterios de selección de los informantes clave en dichas universidades fueron los siguientes:

1. Voluntad de participar en el estudio.
2. Ocupar un cargo directivo dentro del centro de educación virtual a distancia de la universidad estudiada.
3. Ser coordinador de área.

Universidad	Cantidad de Personas	Cargos
Universidad Central de Venezuela - UCV	1	Coordinador
Universidad Católica Occidental Lizandro Alvarado - UCLA	1	Coordinador
Universidad Nacional Abierta - UNA	1	Coordinador
Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín - URBE	1	Coordinador
Universidad Simón Bolívar - USB	1	Coordinador
Universidad del Zulia - LUZ	1	Coordinador
Universidad Pedagógica Experimental Libertador - UPEL	1	Coordinador
Universidad Católica Cecilio Acosta - UNICA	1	Coordinador
Universidad Experimental del Táchira - UNET	1	Coordinador
Universidad del Valle de Momboy - UVM	1	Coordinador
Universidad Fermín Toro (UFT)	1	Coordinador
Universidad de Los Andes - ULA	1	Coordinador
Universidad Nueva Esparta - UNE	1	Coordinador
Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional - UNEFA	1	Coordinador
Universidad José Antonio Páez - UJAP	1	Coordinador
Universidad Marítima del Caribe - UMC	1	Coordinador
Universidad Bicentenaria de Aragua - UBA	1	Coordinador

Tabla 2 – Centros de Educación a Distancia por Universidades

Debido a que el número de informantes clave de los centros de educación virtual a distancia era reducido no se hizo un muestreo, por consiguiente, se trabajó con la población total la cual era de 17 coordinadores.

6.2. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para esta técnica se usó como instrumento el cuestionario con las siguientes características: de respuestas cerradas, precodificado y administrado a través de la modalidad de entrevista personal (De Pelekais y otros, 2007). En este caso el respondiente marcó una o más respuestas en función de lo que consideró más apropiado, utilizando la escala tipo Likert.

6.3. Procedimiento de la investigación

Para alcanzar el objetivo de la investigación se consideró oportuno planificar y elaborar una serie de técnicas de investigación cuantitativa y cualitativa que se resumen a continuación:

Se inició con la búsqueda de bibliografía sobre el tema. Se registró la bibliografía consultada con el fin de estructurar el artículo para analizar la variable objeto de estudio

(educación virtual a distancia) en centros de educación a distancia de universidades venezolanas plasmándose su operacionalización en dimensiones, indicadores.

Luego, se definió el tipo de investigación (Descriptiva), diseño de la investigación (Descriptiva y de Campo, No Experimental); la población, las técnicas e instrumentos de recolección de información, así como su validación de contenido, de construcción y el cálculo de la confiabilidad utilizando el coeficiente alfa de Cronbach.

Para finalizar, una vez aplicado el instrumento, se procedió a analizar la información recolectada contrastándola con los planteamientos teóricos del estudio. Con este análisis se procedió a elaborar las conclusiones, recomendaciones.

6.4.Análisis y discusión de los resultados

La recolección de la información se realizó a través de una encuesta mediante la cual se reflejó objetivamente la posición de la variable de acuerdo a la dimensión marco legal y sus indicadores.

Objetivo general: Describir el marco legal de la educación virtual a distancia en la universidad venezolana.

	SIEMPRE		**CASI SIEMPRE**		**ALGUNAS VECES**		**CASI NUNCA**		**NUNCA**		**TOTAL**		
IND.	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	MEDIA POND.
1	8	47%	4	24%	2	12%	1	6%	2	12%	17	100%	3,88
2	0	0%	3	18%	2	12%	5	29%	7	41%	17	100%	2,06
Promedio	4	24%	3,5	21%	2	12%	3	18%	4,5	26%	17	100%	2,97
Media General	2,97												
Valoración	Media												

Tabla 3 – Indicador: Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV)

Como se puede observar en la tabla 3, para el indicador Nº 1 el cual se refiere a la actitud positiva hacia la incorporación en conjunto del conocimiento con la tecnología, se puede observar que el 71% de los coordinadores de los centros de educación virtual a distancia presentan actitud positiva hacia la incorporación en conjunto del conocimiento con la tecnología, tal y como lo indica la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV) en su artículo 108, en contraparte, sólo el 18% no estuvo de acuerdo con esta aseveración.

De igual forma, para el indicador Nº 2 el cual hace referencia a si el estado fomenta la educación a través de medios no tradicionales, se obtiene que el 70% de la población encuestada coinciden en que el estado venezolano no fomenta la educación a través de medios no tradicionales del proceso enseñanza-aprendizaje, mientras que un 18% opina lo contrario. La media del indicador es de 2.97 que representa una valoración de nivel medio en la presencia de estas características, en la dimensión marco legal.

	SIEMPRE		**CASI SIEMPRE**		**ALGUNAS VECES**		**CASI NUNCA**		**NUNCA**		**TOTAL**		
IND.	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	MEDIA POND.
3	1	6%	1	6%	6	35%	4	24%	5	29%	17	100%	2,35
4	3	18%	2	12%	9	53%	1	6%	2	12%	17	100%	3,18
Promedio	2	12%	1,5	9%	7,5	44%	2,5	15%	3,5	21%	17	100%	2,76
Media General	2,76												
Valoración	Media												

Tabla 4 – Indicador: Ley de Educación Superior

Para el caso del indicador Nº 3 el cual se refiere a la Ley de Educación superior con respecto a que establezca esta las directrices de la educación, se obtiene que el 53% de los coordinadores presenta actitudes negativas en cuanto a que la Ley de Educación Superior establezca las directrices de la educación como proceso integral normando el funcionamiento de la educación virtual a distancia.

Del mismo modo, para el indicador Nº 4 sobre la educación virtual a distancia y su modelo participativo para el desarrollo del país, el 53% afirma que algunas veces la educación virtual a distancia se sustenta en un modelo participativo y democrático, con el fin de asegurar que la formación del talento humano tanto formal como no formal, en función de los requerimientos del desarrollo del país. La media del indicador es de 2.76 que representa una valoración de nivel medio en la presencia de estas características, en la dimensión marco legal.

Es notorio en la tabla 5, en el indicador Nº 5 el cual se refiere a como se promueve la educación virtual a distancia apoyado a los organismos de educación superior venezolana, se obtiene que el 77% de los encuestados expresan actitud negativa en cuanto a la educación virtual a distancia es promovida desde la normativa nacional con el apoyo del Consejo Nacional de Universidades (CNU), la Oficina de Planificación del Sector Universitario (OPSU), como organismos reguladores de la educación superior venezolana.

	SIEMPRE		CASI SIEMPRE		ALGUNAS VECES		CASI NUNCA		NUNCA		TOTAL		
IND.	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	MEDIA POND.
5	0	0%	0	0%	4	24%	12	71%	1	6%	17	100%	2,18
6	4	24%	11	65%	1	6%	1	6%	0	0%	17	100%	4,06
7	10	59%	6	35%	1	6%	0	0%	0	0%	17	100%	4,53
Promedio	4,667	27%	5,667	33%	2	12%	4,333	25%	0,333	2%	17	100%	3,59
Media General	3,59												
Valoración	Media												

Tabla 5 – Indicador: CNU – OPSU

Para el caso del indicador Nº 6, el cual hace referencia a la educación virtual a distancia como modalidad educativa sustentada en ambientes de aprendizaje, se tiene que el 89% expresan actitud positiva en que a la educación virtual a distancia es una modalidad educativa sustentada en ambientes de aprendizaje, espacio y tiempo, que utiliza las TIC como respuesta una política institucional y nacional.

Del mismo modo, para el indicador Nº 7 el cual se refiere a que las universidades incorporen la modalidad a distancia, sustentada en las TIC, el 94% expresan actitud positiva en que las Instituciones de Educación Superior, de acuerdo con sus posibilidades, deben incorporar progresivamente la modalidad a distancia, sustentada en las TIC, en todos los programas. La media del indicador es de 3.59 que representa una valoración de nivel medio en la presencia de estas características, en la dimensión marco legal.

Finalmente, en relación a la tabla No. 6, en el indicador No. 8 sobre la ampliación de las oportunidades de estudios con la educación virtual a distancia, se observa que el 83 % expresan actitud positiva en cuanto a que la educación virtual a distancia amplia las oportunidades de estudios de la población estudiantil que aspira ingresar al Sistema de Educación Superior.

En el mismo sentido, el 77% expresa una actitud negativa en el indicador Nº 9, con relación a que la educación virtual a distancia debe favorecer la igualdad de oportunidades, atendiendo las necesidades educativas especiales de los estudiantes. Del mismo modo, 76% expresan una actitud negativa en el indicador Nº 10 en relación a que la educación virtual a distancia ofrece alternativas pertinentes para su aplicación para el estado venezolano. La media del indicador es de 3.02 que representa una valoración de nivel medio en la presencia de estas características, en la dimensión marco legal

	SIEMPRE		CASI SIEMPRE		ALGUNAS VECES		CASI NUNCA		NUNCA		TOTAL		
IND.	Fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	fa	fr%	MEDIA POND.
8	10	59%	4	24%	3	18%	0	0%	0	0%	17	100%	4,41
9	0	0%	4	24%	0	0%	9	53%	4	24%	17	100%	2,24
10	0	0%	3	18%	1	6%	13	76%	0	0%	17	100%	2,41
Promedio	3,333	20%	3,667	22%	1,333	8%	7,333	43%	1,333	8%	17	100%	3,02
Media General	3,02												
Valoración	Media												

Tabla 6 – Indicador: Normativa nacional para la EAD

7. Conclusiones

En esta investigación se llegó a la conclusión que en los centros de educación a distancia el marco legal está constituido por la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley de educación Superior, la normativa nacional con el apoyo del Consejo Nacional de Universidades (CNU), a través, de la Oficina de Planificación del Sector Universitario (OPSU) y la Normativa Nacional para la Educación a Distancia, donde en este contexto, descansan los elementos con rango de ley que deben considerar las universidades al momento de iniciar el camino de la educación a distancia.

De igual manera, se evidenció que, a través de la aplicación del instrumento, existe un avanzado desconocimiento del marco legal por parte de las universidades y sus centros de educación virtual a distancia, lo que implica un riesgo latente en la continuidad del proceso educativo al funcionar al margen del marco legal descrito en el presente estudio, que puede acarrear sanciones contra las universidades por parte del Consejo Nacional de Universidades. Por consiguiente, las universidades latinoamericanas deben buscar las vías que permitan mitigar los riesgos que presentan al tener un desconocimiento del marco legal vigente para proceder con la educación en esta modalidad.

Para finalizar, se puede concluir que la educación virtual a distancia es una alternativa educativa innovadora que ofrece diversas oportunidades de estudio de manera no presencial, es decir, desde cualquier lugar de un país, sólo con el apoyo de las TIC, permitiendo facilitar el acceso a la educación universitaria pública o privada, con el propósito de incrementar el nivel educativo de la población y formar ciudadanos(as) comprometidos con el desarrollo de cada país.

8. Recomendaciones

Se recomienda a las universidades latinoamericanas fomentar e implantar un plan de sensibilización del marco legal vigente en materia de educación virtual a distancia

que permita a las universidades adaptarse y mantenerse dentro de los lineamientos y necesidades estipulados por la respectiva nación, para de esta manera poder implementarla y representar una alternativa de acceso a la educación universitaria, promoviendo el desarrollo local, regional y nacional.

Referencias

Antunes, A. (2004). Sistemas XYZ. In Sousa A. J. (Ed.), *Tecnologias Internet*. Lisboa: Editora Xxxpto.

Corica, J. (2012), "Educación virtual y brecha digital de segundo nivel", Morocho y Rama (editores), Las nuevas fronteras de la educación a distancia, Loja, UTPL

Daniel, J. (1998), Mega-universities & knowledge media. Technology strategies for higher education, Londres, Kogan Page.

De Pelekais y otros. (2005). El ABC de la Investigación. Una aproximación teórica práctica. Editorial Panapo de Venezuela, C.A. Caracas.

García, L. (2009) ¿Por qué va ganando la educación a distancia?, Madrid, UNED.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill Interamericana cuarta edición. México.

Herrera, E. (2007). Concepción del diseño didáctico de cursos a distancia para ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje. Congreso de Informática. La Habana. Cuba. Documento en Línea extraído de:http://www.rieoei.org/deloslectores/1326Herrera.pdf.

La Rocca, R. (2003). Diagnóstico de la Educación Superior Virtual en Venezuela. Caracas, República Bolivariana de Venezuela. Documento en Línea extraído de:http://www.ruvae.edu.ve/unesco/UNESCO_EDUCACIONVIRTUAL_VENEZUELA.pdf. Consulta:15/02/2019

Ley orgánica de Educación, Gaceta Oficial N° 2.635 Extraordinario del 28 de Julio de 1980; N° 36.787 del 15 de septiembre de 1999.

Ley de Universidades, Tomado de la Gaceta Oficial N° 1.429 Extraordinario del 8 de septiembre de 1970, N° 28.262 del 17 de febrero de 1967

Libro: Oportunidades de estudio en las instituciones de educación superior de Venezuela, año 2001, CNU, OPSU; capitulo II, Pág. 175,176.

Lupion, P. & Vianney, J. (2008), "Marcos reglamentarios de la educación a distancia superior brasilera" en "La normativa de la educación a distancia en América Latina", Virtual Educa, ICDE, UNAD, Bogotá.

Mena, M., Facundo, A. & Rama, C. (2008), El marco normativo de la educación a distancia en América Latina, Bogotá, UNAD Virtual Educa, ICDE.

Miklos, T. (2005). "Planeación prospectiva: una estrategia para el diseño del futuro", LIMUSA, México.

Reglamento de los Institutos y Colegios Universitarios, Gaceta Oficial Extraordinaria del 31 de octubre de 1995, Nº 4995 del 27 de Septiembre de 1995.

Rocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374–382. doi:10.1108/14684521211241404

Sabino, C. (1998). El proceso de la Investigación. Editorial Panexpo. Venezuela.

Silvio, J. (2000) La virtualización de la universidad. ¿Cómo podemos transformar la educación superior con la tecnología?, Caracas, IESALC/UNESCO.

Silvio, J. (1998), "La virtualización de la educación superior: alcances, posibilidades y limitaciones", Revista Educación Superior y Sociedad, vol. 9.

Tamayo y Tamayo M. (2004). El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa. México.

UTPL–CALED (2012), Leyes, normas y reglamentos que regulan la educación a distancia y en línea en América Latina y el Caribe, Loja, Universidad Técnica Particular de Loja.

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

Recebido/Submission: 01/09/2019
Aceitação/Acceptance: 28/11/2019

Innovación para el fortalecimiento de capacidades sobre sostenibilidad de los recursos naturales en poblaciones indígenas y mestizas – colonas: Reserva de Biosfera Yasuní

Marco Heredia[1, 2], Carlos Bravo[3, 4], Bolier Torres[1, 2], Reinaldo Alemán[4, 5]

mheredia@uea.edu.ec, cbravo@uea.edu.ec, btorres@uea.edu.ec, raleman@uea.edu.ec

[1] Carrera de Ingeniería Ambiental, Departamento de Ciencias de la Vida, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, 160101, Pastaza, Ecuador.

[2] Programa de Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Empresarial, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, 160101, Pastaza, Ecuador.

[3] Dirección de Vinculación con la Sociedad, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, 160101, Pastaza, Ecuador.

[4] Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, 160101, Pastaza, Ecuador.

[5] Dirección de Investigación, Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), Universidad Estatal Amazónica, Arosemena Tola, 150152, Napo, Ecuador.

Pages: 103–116

Resumen: Las tecnologías de información y comunicación (TIC) permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación; el precario fortalecimiento de capacitación en zonas de alta diversidad cultural y biológicas han generado la degradación sociocultural, económica y de gobernanza de pueblos vulnerables, ocasionando un aprovechamiento insostenible de los recursos naturales. El objetivo planteado: fortalecer las capacidades a nivel individual, de hogar y comunal en términos de sostenibilidad de los recursos naturales a poblaciones indígenas y colonas, definiendo dos casos de estudio a partir del método de muestreo bola de nieve. Las comunidades: Nampaweno (Indígena – Waorani) y Perla de la Amazonía (Mestiza – Colona), localizadas Reserva de Biósfera Yasuní, se utilizó la herramienta SAFA (versión 2.4.1) para evaluar la sostenibilidad en las dimensiones sociales, ambientales, económicas y de gobernanza, se identificó que el uso de TIC permite diseñar intervenciones sostenibles para fortalecimiento de capacidades y plantear módulos de capacitación a partir de las necesidades encontradas.

Palabras clave: Amazonía; capacitación; SAFA; TIC.

Innovation for capacity building on sustainability of natural resources in indigenous populations and mestizo colonies: Yasuní Biosphere Reserve

Abstract: Information and communication technologies (ICT) allow access, production, treatment and communication; the precarious strengthening of training in areas of high cultural and biological diversity has generated the socio-cultural, economic and governance degradation of vulnerable peoples, causing unsustainable use of natural resources. The objective: strengthening the capacities at the individual, household and community levels in terms of sustainability of natural resources to indigenous populations and colonies, defining two case studies based on the snowball sampling method. The communities: Nampaweno (Indigenous - Waorani) and Pearl of the Amazon (Mestiza - Colona), located Yasuní Biosphere Reserve, the SAFA tool (version 2.4.1) was used to assess sustainability in social, environmental, economic and governance dimensions, it was identified that the use of ICT allows designing sustainable interventions to strengthen capacities and propose training modules based on the needs found.

Keywords*:* Amazon; training; SAFA; ICT.

1. Introducción

Las nuevas tecnologías y paradigmas computacionales pueden ser empleados en diversos campos (Quezada-Sarmiento y Mengual, 2017), entre ellos la protección de los recursos naturales y la agricultura; el uso y manejo de dispositivos tecnológicos constituyen una de las opciones que permiten agilizar el trabajo en diversas áreas (Razo Salas 2016). Los usos de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) pueden favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje orientados a la construcción de aprendizajes significativos en áreas rurales (Coll y Monereo, 2008).

Las TIC tienen el potencial de funcionar como herramientas, amplifican el rendimiento de las capacidades individuales y organizacionales. De esta manera, el impacto de las TIC depende de la existencia y desarrollo de una capacidad específica en un individuo u organización, siendo más profundo en aquellas organizaciones que cuentan con un mayor nivel de desarrollo de capacidades (Bossio, 2007). Los problemas de conectividad rural son el factor físico que reiterativamente las poblaciones rurales identifican como el principal conflicto (Zapata y Marín, 2015) para para mejorar la sostenibilidad de los recursos naturales. La protección de los recursos naturales y la agricultura con las TIC´s deben ser catalogadas como la nueva frontera sin explotar para el crecimiento de las oportunidades comerciales y de conservación (Njenga *et al.,* 2012).

En la ruralidad la agricultura no es atractiva, principalmente debido al tiempo y la inversión en insumos, ya que los productos básicos tradicionales tardan en madurar, son riesgosos y a menudo producen bajos rendimientos. Los ingresos agrícolas están relacionados estacionalmente con la lluvia y los ciclos de cosecha, lo que sugiere que, durante largos períodos de tiempo, los productores no tendrían ingresos. Las innovaciones insuficientes han llevado a la dependencia de técnicas de producción basadas en mano de obra tradicionales y arduas y a la concentración en una gama limitada de productos agrícolas, principalmente cultivos básicos lo que perjudica la sostenibilidad de los recursos (Irungu et al., 2015).

El uso de las TIC en la sostenibilidad de los recursos naturales y la agricultura aumenta las oportunidades y motiva las capacidades para participar en una agricultura rentable dirigida a nichos de mercado. Su uso crea una ocupación digna de invertir tiempo,

esfuerzo y recursos financieros. La disponibilidad de herramientas TIC debe ampliarse y las organizaciones que contribuyen al desarrollo requieren que sus tecnologías se empaqueten de manera simple (IICD, 2013). La implementación de tecnología apropiada debe fomentar el empoderamiento y la sostenibilidad, pero requiere la participación de la comunidad en todo momento: conceptualización, desarrollo, implementación, evaluación y evaluación de impacto de la tecnología (Tharakan, 2015).

Es evidente la insostenibilidad de los recursos en territorios mestizos – colonos ya que utilizan sistemas de producción caracterizados por la extensa tala de tierras con la incorporación continua a lo largo del tiempo de áreas forestales adicionales en la producción agrícola (Murphy *et al.,* 1997). Esto contrasta con una creencia común de que las poblaciones indígenas están asociadas con prácticas agrícolas sostenibles (barbecho largo), (Boserup, 1965) con poco impacto ambiental y, por lo tanto, compatibles con la conservación de recursos (Schwartzman *et al.,* 2000). A veces también practican prácticas insostenibles, como el cultivo comercial, la ganadería y la tala de madera cuando están en contacto con la economía de mercado (Rudel *et al.,* 2002). Dichos cambios son motivo de preocupación, dada la importancia de los grandes territorios indígenas para la conservación en Ecuador y en toda la cuenca del Amazonas (Nepstad *et al.,* 2006), las altas tasas de deforestación en tierras coloniales (FAO, 2018), las altas

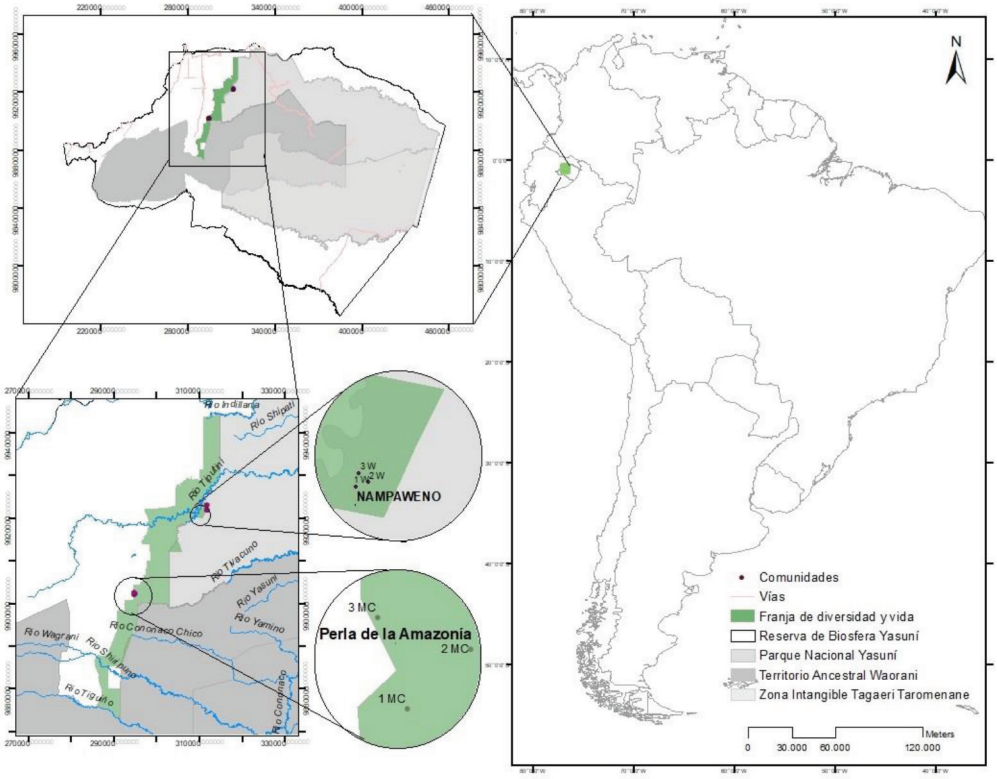


Figura 1 – Zona de Estudio: Nampaweno (Indígena Waorani) y Perla de la Amazonía (Mestiza – Colona), localizadas en la Franja de Diversidad y Vida (FDV)

tasas de crecimiento de la población indígena y comunidades (Davis *et al.,* 2015), y la integración acelerada de los pueblos indígenas en la economía de mercado (Vasco et al, 2017). Por lo mencionado el objetivo planteado fue: Fortalecer las capacidades a nivel individual, de hogar y comunal en términos de sostenibilidad de los recursos naturales a poblaciones indígenas y colonas.

2. Área de Estudio

El estudio se realizó en las comunidades: 1) Nampaweno (Indígena Waorani) y 2) Perla de la Amazonía (Mestiza – Colona), localizadas en la Franja de Diversidad y Vida (FDV), colindante con Parque Nacional Yasuní (PNY) y el Territorio Ancestral Waorani (TAW) localizada en la Reserva de Biósfera Yasuní (RBY) (Figura 1). El ecosistema predominante es el Bosque siempreverde de tierras bajas del Napo – Curaray (BsTa02) (Guevara *et al.,* 2013), es una de las áreas con mayor diversidad biológica y cultural del planeta (Maffi y Woodley, 2010), representa una riqueza extraordinaria en varios taxones (anfibios, mamíferos, aves y plantas), un alto nivel de endemismo regional (Pimm y Jenkins, 2005).

2.1. Comunidad Indígena Waorani: Nampaweno

El grupo indígena Waorani originalmente eran cazadores-recolectores-horticultores con un estilo de vida seminómada (Rival, 2002), en la actualidad se asientan en comunidades en la RBY, como la Comunidad Nampaweno ubicada dentro del PNY y en la FDV (Parroquia Dayuma), han generado estrategias de subsistencia como la chakra o también conocida como sistema agroforestal tradicional que permite el uso sostenible de los bosques al combinar con cultivos, la extracción controlada de madera, la producción de alimentos básicos y la conservación de plantas medicinales, además contribuye a la seguridad alimentaria como al bienestar y la conservación de la alta biodiversidad (Torres *et al.,* 2015).

2.2. Comunidad Mestiza – Colona: Perla de la Amazonía

La migración de colonización es la ocupación de nuevos espacios poco poblados (Cisneros *et al.,* 1988), en la Amazonia Ecuatoriana la migración fue en las décadas de los setentas y ochentas, alcanzando los picos más altos entre los años 1979 y 1981 (Pichón, 1997).), la Comunidad Perla de Amazonía pertenece a la Parroquia Inés Arango, su centro poblado está a 5,8 km (línea recta) del PNY, son migrantes de la Sierra ecuatoriana y dependen en alto grado de los recursos naturales (Cavendish, 1999, 2012;)

3. Metodología

Para el fortalecimiento de las capacidades en términos de sostenibilidad de los recursos naturales a nivel individual, de hogar y comunal en poblaciones indígenas y colonas, se definieron dos casos de estudio a partir del método de muestreo bola de nieve (Kirchherr y Charles, 2018) que se evidencia en la Tabla 1, se aplicó dos procesos metodológicos: 1) Sostenibilidad de los recursos naturales y 2) Observación directa.

Caso de estudio	No. Evaluados
Comunidad Indígena Waorani: Nampaweno	3
Comunidad Mestiza – Colona: Perla de la Amazonía	3

Tabla 1 – Método Bola de Nieve para los casos de estudio

3.1. Sostenibilidad de los recursos naturales.

Se utilizó la herramienta SAFA para evaluar la sostenibilidad de los recursos naturales. SAFA es multidimensional ya que puede ser usado nivel individual, de hogar y comunal, fue desarrollado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en 2012, como una estrategia institucional dentro del marco estratégico de la FAO para el fortalecimiento de capacidades definido como el proceso de liberar, fortalecer y mantener la capacidad de las personas, las organizaciones y la sociedad en general para la gestión exitosa de sus asuntos (FAO, 2010) y proporcionar a las entidades públicas y privadas un conjunto de indicadores que son útiles para detectar problemas e identificar soluciones.

Los datos se recolectaron entre los meses de agosto y septiembre del 2019 a través de encuestas. La encuesta fue realizada a los jefes de hogar seleccionadas, con una duración de entre 65 y 90 minutos, destinados a responder una serie de preguntas basadas en los indicadores SAFA (FAO, 2014). Las preguntas fueron traducidas del inglés al español y Wao terero (idioma hablado por la nacionalidad Waorani)

SAFA tiene niveles jerárquicos: dimensiones, temas, subtemas e indicadores como se muestra en la Figura 2 (FAO,2013) incluye cuatro dimensiones de sostenibilidad: Buen Gobierno, Integridad Ambiental, Resiliencia Económica y Bienestar Social. Comprende 21 temas de sostenibilidad, definidos por 58 subtemas. En un nivel más específico, cada subtema incluye varios indicadores, para un total de 116, que pueden medirse con una puntuación de rendimiento en una escala del 1 al 5 (FAO, 2013) Con umbrales de sostenibilidad: inaceptable (rojo), limitado (naranja), moderado (amarillo), bueno (verde claro) y mejor (verde oscuro).

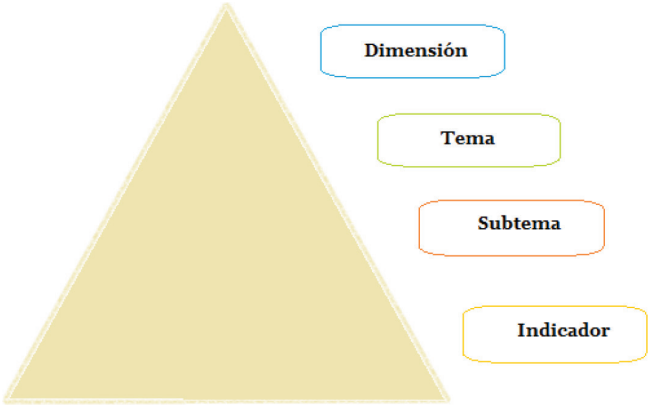


Figura 2 – Niveles de evaluación de la sostenibilidad de acuerdo a la FAO

La evaluación de la sostenibilidad mediante la metodología SAFA se desarrolla en cuatro etapas: mapeo, contextualización, indicadores y reporte o informe final, como se muestra en la Figura 3 (FAO,2014). Cada una de las etapas puede volver a ser ejecutada o evaluada a lo largo del proceso siendo una metodología dinámica que se retroalimenta con la información obtenida en cada una de las etapas.

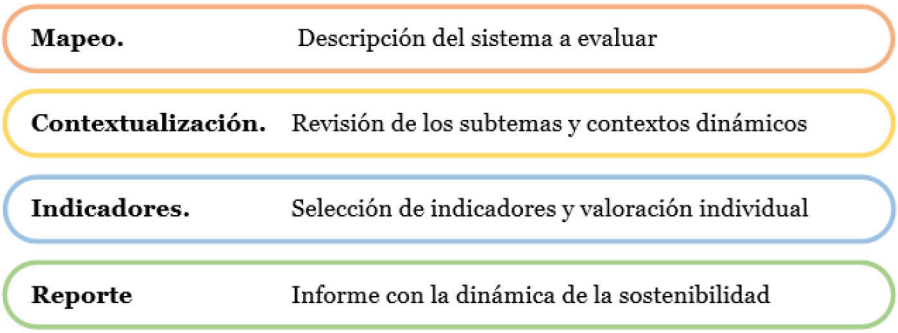


Figura 3 – Procedimiento de SAFA (versión 2.4.1)

En el software SAFA Tool (versión 2.4.1) (FAO, 2014) se enumeran las herramientas métricas y los estándares para la recopilación de datos, que determinan el nivel de calidad de los datos mediante la atribución de un puntaje. La evaluación del puntaje de precisión puede variar de 1 a 3, donde 1 corresponde a datos de baja calidad, 2 corresponde a datos de calidad moderada y 3 corresponde a datos de alta calidad (FAO, 2013).

3.2. Observación directa.

Para la definición de los temas evaluados reflejados en la Tabla 1 (FAO,2013) se realizó tres visitas en campo a la zona de estudio entre los meses (Mayo – Julio 2019), no se consideró el tema: C3 Calidad e información del producto ya que en ningún escenario evaluado se produce y se vende los productos etiquetados o con normas de calidad de trazabilidad; se utilizó la técnica de observación directa que ayuda a la recolección de datos e información y que consiste en utilizar los sentidos y la lógica para tener un análisis más detallado en cuanto a los hechos y las realidades que conforman el objeto de estudio (Campos y Martinez, 2012) la mejor forma para evaluar es in situ (Sutton y Austin, 2015).

Dimensión	Temas	Evaluado	No Evaluado
G:Buen Gobierno	G1 Ética corporativa	x	
	G2 Responsabilidad	x	
	G3 Participación	x	
	G4 Estado de derecho	x	
	G5 Gestión holística	x	

Dimensión	Temas	Evaluado	No Evaluado
E: Integridad Ambiental	E1 Atmósfera	x	
	E2 Agua	x	
	E3 Tierra	x	
	E4 Biodiversidad	x	
	E5 Materiales y Energía	x	
	E6 Bienestar animal	x	
C: Resiliencia Económica	C1 Inversión	x	
	C2 Vulnerabilidad	x	
	C3 Calidad e información del producto		x
	C4 Economía local	x	
S: Bienestar Social	S1 Medios de subsistencia decentes	x	
	S2 Prácticas de comercio justo	x	
	S3 Derechos laborales	x	
	S4 Equidad	x	
	S5 Seguridad y salud humana	x	
	S6 Diversidad cultural	x	

Tabla 1 – Indicadores seleccionados de la metodología SAFA.

4. Resultados y Discusión

Los resultados que evidencia la sostenibilidad de los recursos naturales como una herramienta de innovación para el fortalecimiento de capacidades se representan en la Figura 3 y Figura 4, para poblaciones indígenas Waorani y Mestizas – Colonas, respectivamente.

4.1. Sostenibiliad de los recursos naturales para el fortalecimiento de capacidades en Comunidad indígenas Waorani: Nampaweno.

Los casos de estudio en la Comunidad Napaweno (1N: 1:Nampaweno – 2N: 2Nampaweno – 3N: 3Nampaweno) evidencian diferentes dinámicas de la sostenibilidad de los recursos naturales por dimensiones: 1) G) Buen Gobierno, 2), E: Integridad Ambiental, 3) C: Resiliencia Económica y 4) S: Bienestar Social, con un puntaje de presición de las respuestas como alta calidad (Figura 4).

4.1.1. Dimensión Buen Gobierno: el caso 1N en el tema Ética Corparativa fue el calificado como Bueno mientras que el caso 3N fue calificado como Limitado, en el tema Responsabilidad: 2N fue Bueno mientras que 1N y 3N son Limitados, el tema Participación el caso 3N se ubico como Bueno, 2N y 1N como Moderado y Limitado, respectivamente. El tema Estado de derecho en el caso 2N es Moderado y 1N y 3N son Limitados; en la Gestión holística los casos 1, 2 y 3N son Moderados.

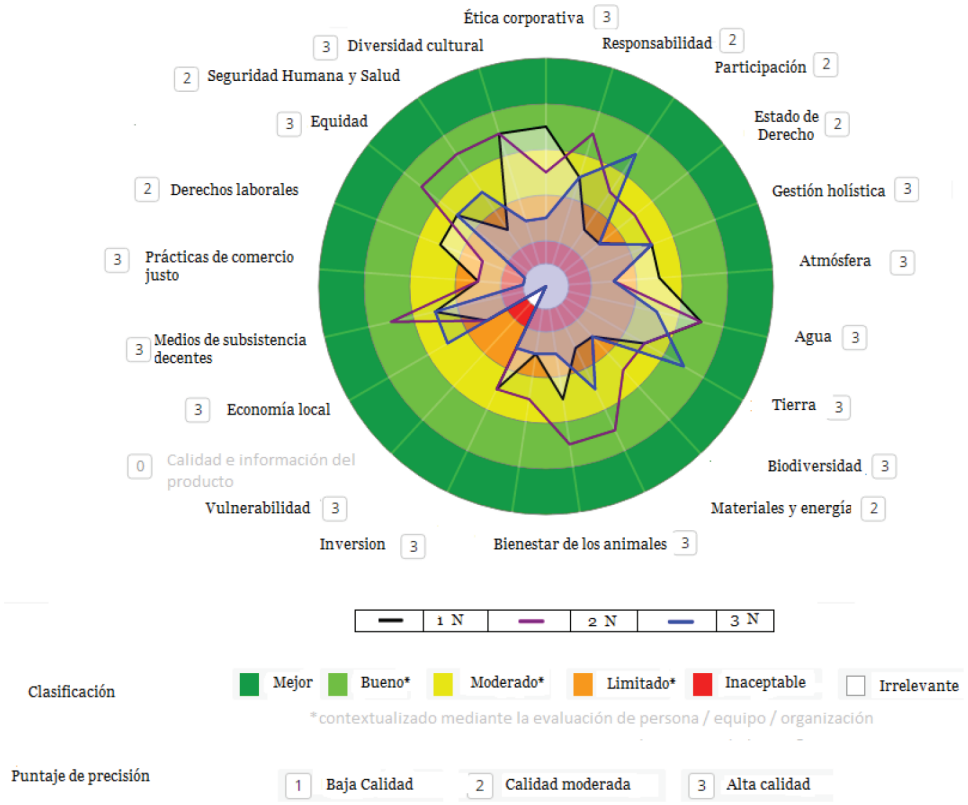


Figura 4 – Sostenibilidad de los recursos naturales para el fortalecimiento de capacidades en la Comunidad Waorani: Nampaweno

4.1.2. Dimensión Integridad Ambiental: En el tema Atmósfera el caso 1N es Moderado, como Limitado son 2N y 3N, en el tema Agua los casos 1N y 2N son Bueno y 3N es Moderado; el tema Tierra 3N es Bueno, los casos 2N y 1N son Moderados, en el tema Biodiversidad el caso 2N es Moderado y 1N, 3N son Limitado, en el tema Materiales y Energía los casos 1N, 3N y 2N son Limitado, Moderado y Bueno, respectivamente., el tema Bienestar animal los casos 3N, 1N y 2N son Limitado, Moderado y Bueno, respectivamente.

4.1.3. Dimensión Resiliencia Económica: En el tema Inversión el caso 2N es Moderado y los casos 1N y 3N son Limitados, en Vulnerabilidad como Limitado está el caso 3N y como Moderado los casos 1N y 2N, en Economía local como Moderado está 1N mientras que 2N y 3N son Limitados.

4.1.4. Dimensión Bienestar Social: en el tema Medios de subsistencia decentes como Bueno es el caso 2N y los casos 1N y 3N son Moderados, el tema Prácticas de comercio justo los casos son Limitados, en Derechos laborales como Moderado está el caso 1N, como Limitado 2N y como Inacepable 3N, en el tema Equidad el caso 2N es Bueno y los casos 1N Yy 3N son Moderados, en Seguridad y salud humana como Bueno, Moderado y

Limitado estan los casos 2N, 1N y 3N, respectivamente., en el tema Diversidad cultural los casos 1N y 2N están clasificados como Buenos y como Limitados el caso 3N.

4.2.Sostenibilidad de los recursos naturales para el fortalecimiento de capacidades en la Comunidad Mestiza Colona: Perla de la Amazonía.

En la Comunidad Mestiza Colona Perla de Amazonía los casos de estudio: (1Pa: 1Perla de la Amazonía – 2Pa: 2Perla de la Amazonía – 3Pa: 3Perla de la Amazonía) evidencian similitud en forma pero diferen en calsificacion por temas y dimensiones de la sostenibilidad de los recursos naturales por dimensiones: 1) G) Buen Gobierno, 2), E: Integridad Ambiental, 3) C: Resiliencia Económica y 4) S: Bienestar Social, con un puntaje de presición de las respuestas como alta calidad (Figura 5) excepto en los temas: Ética corporativa, Participación, Estado de derecho con una valorazación de 2 equivalente a una calidad moderada ya que los datos son primarios mayores de 2 años pero considerados todavía confiables y datos secundarios.

4.2.1. Dimensión Buen Gobierno: los casos 1Pa y 3PA son Limitados y 2Pa es Moderado en el tema Ética Corparativa, en el tema Responsabilidad loscasos se clasifican como Limitados, en Participación los casos 1Pa, 2Pa y 3Pa son Limitado, Moderado y Bueno, prespectivamente., el tema Estado de derecho los casos son Moderados, en la Gestión holística los casos 1, 2 y 3Pa son Limitados.

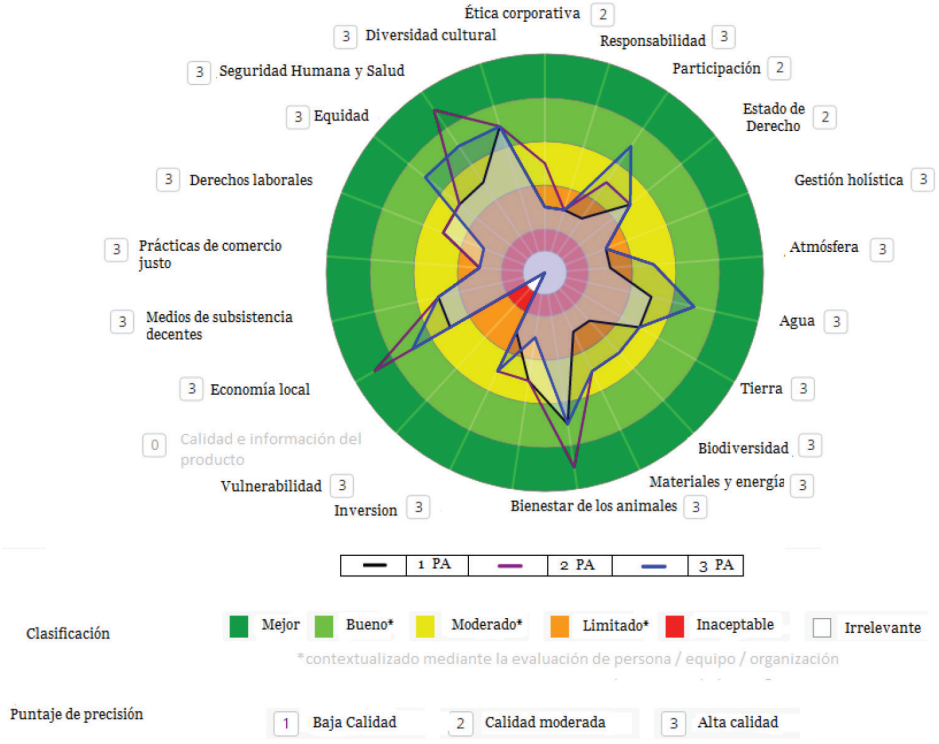


Figura 5 – Sostenibilidad de los recursos naturales para el fortalecimiento de capacidades en la Comunidad Perla de la Amazonía: Mestizo – Colonas.

4.2.2. Dimensión Integridad Ambiental: En el tema Atmósfera los casos 1Pa 2Pa y 3Pa son clasificados somo Limitados, en el tema Agua los casos 3Pa y 2Pa son Bueno y 1 Pa es Moderado; el tema Tierra los casos son Moderado, en Biodiversidad como Moderado son 2Pa y 3Pa mientras como Limitado es 1Pa, en el tema Materiales y Energía el caso 1Pa es Limitado, 2Pa y 3Pa son Moderado, en Bienestar animal los casos 1Pa y 3Pa son Bueno y Mejor es 2Pa.

4.2.3. Dimensión Resiliencia Económica: En el tema Inversión el caso 3Pa es Limitado y los casos 1Pa y 2Pa son Moderados, en Vulnerabilidad como Limitado está el caso 1Pa y como Moderado los casos 2Pa y 3Pa, en Economía local 2 Pa, 3Pa y 1Pa son Mejor, Bueno, Limitado, respectivamente.

4.2.4. Dimensión Bienestar Social: en el tema Medios de subsistencia decentes los casos son Moderados, en Prácticas de comercio justo los casos son Limitados, en Derechos laborales como Moderado está el caso 2Pa y Limitado 1Pa y 3Pa, en el tema Equidad el caso 3Pa es Bueno y los casos 1Pa y 2Pa son Moderados, en Seguridad y salud humana como Mejor, Bueno y Moderado están los casos 2Pa, 3Pa y 1Pa, respectivamente., en el tema Diversidad cultural los casos son Buenos.

4.3. Discusión general

Los 21 temas de la metodología SAFA en los seis casos de estudio reflejan diferentes dinámicas. El tema Ética Corporativa en Comunidad Waorani Nampaweno se evidencia la precaria relación de los indígenas con los recursos naturales en el caso 3N, en relación con los indígenas comunidades indígenas de etnia Pai Tavytera ubicadas en el distrito del Capitán Bado en el Departamento de Amambay de Paraguay (Soldi *et al.,* 2019) que salvaguardan y respetan el medio ambiente, consideran que la naturaleza es sagrada, y se ve no solo como un medio de producción, sino también como un espacio para la vida social y religiosa: la tierra, los bosques y las vías fluviales pertenecen a toda la comunidad, por lo que todos deben trabajar para su protección y conservación. En el tema atmósfera se evidencia la poca calidad y capacidad de cuidar la calidad del aire y el manejo de los desechos e ahí la importancia de una intervención para el saneamiento ambiental.

El Tema de Biosdiversidad en la Figura 4 y Figura 5 es importante considerarlo para el fortalecimiento de capacidades partiendo desde poco biodiversidad existente en los casos Waorani y el pecario conocimiento de la concepción de la agroecología, una disciplina que ha generado un debate sobre la importancia del papel de la agroecología para la reproducción social de la unidad familiar campesina e indígena, el mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental (Pacheco, 2002). El tema de Calidad e Información del Producto en los casos Waorani y Mestizo Colono es una debilidad para la sostenibilidad social, ambiental, económica y de gobernanza de los recuros naturales considerando que el etiquetado de los alimentos representa potencialmente una valiosa herramienta para ayudar a los consumidores a tomar decisiones conscientes acerca de su dieta con el fin de mejorar la salud y prevenir enfermedades crónicas (Babio *et al.,* 2013)y una herramienta de comercio.

Las Prácticas de Comercio Justo es promover la mejor la calidad de vida de los pequeños agricultores e indígenas (Hudson y Hudson,2015), garantiza un conjunto de criterios comerciales diseñados para que más ingresos lleguen a los productores originales del

producto (Friant, 2016), en los Figuras 4 y 5 de sostenibilidad de los recursos naturales para las comunidades Waorani y Mestizo – Colono se evidencia la necesidad del fortalecimiento de capacidades en varios temas, definido como el proceso de desarrollar competencias en individuos, grupos u organizaciones, que contribuyan a mejorar su rendimiento en el tiempo (Hough, 2006) y de prioridad los que se clasifican como Inaceptables y Limitados

7. Conclusiones

La implementación de tecnologías de información y comunicación como la herramienta libre SAFA (versión 2.4.1) que se desarrolla en cuatro etapas: mapeo, contextualización, indicadores y reporte o informe final, en poblaciones rurales mediante un equipo computacional, permite diseñar intervenciones sostenibles de fortalecimiento de capacidades y evaluar las necesidades de capacitación

Las necesidades formativas prioritarias son los temas estado de derecho, atmósfera, biodiversidad, bienestar animal, calidad de información del producto, prácticas de comercio justo y derechos laborales de las poblaciones indígenas y ética corporativa, responsabilidad, gestión holística, calidad e información del producto y prácticas de comercio justo en las poblaciones mestizas – colonas dentro de las dimensiones sociales, ambientales, económicas y de gobernanza; dicho fortalecimiento mediante módulos de capacitación in situ, promueve la sostenibilidad de los recursos naturales.

El fortalecimiento de capacidades sobre sostenibilidad de los recursos naturales en poblaciones indígenas y mestizas – colonas permite planificar y dirigir actividades formativas eficaces sostenibles a largo plazo, asistir en el seguimiento de la formación y analizar el desempeño organizacional

8. Agracedimientos

Al Gobierno Autónomo Provincial de Orellana, Vicariato Apostólico de Aguarico de Francisco de Orellana, Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Dayuma e Inés Arango localizados en la Provincia de Orellana, Ecuador por el apoyo logístico, A la Universidad Estatal Amazónica (UEA) por el financiamiento del proyecto "*Fortalecimiento de capacidades en sostenibilidad y cambio climático en poblaciones indígenas y colonas de la Reserva de Biosfera Yasuní en la Amazonia Ecuatoriana*", al Programa de investigación: Economía de los recursos naturales y Gestión Empresarial y Dirección de Vinculación con la Sociedad de la (UEA) por la colaboración en campo y gestión del proyecto.

Referencias

Babio. N. Lopez, L. y Salas, J. (2013). Análisis de la capacidad de elección de alimentos saludables por parte de los consumidores en referencia a dos modelos de etiquetado nutricional; estudio cruzado. Nutr Hospitala-ria, 28, 173–181.

Boserup E. (1965). The conditions of agricultural growth: The economics of agrarian change under population pressure. New Brunswick, USA: Transaction Publishers.

Bossio, J. F. (2007). Sostenibilidad de proyectos de desarrollo con nuevas tecnologías: el caso de la organización de regantes y su sistema de información en Huaral. The Journal of Community Informatics, 3(3).

Campos, G., & Martínez, N. E. L. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. Xihmai, 7(13), 45–60.

Cavendish, W. (1999). Poverty, inequality and environmental resources: Quantitative analysis of rural households. Working Paper Series, 99 – 9. Oxford, UK. Centre for the Studies of African Economies, University of Oxford.

_____, W. (2012). Quantitative methods for estimating the economic value of resource use to rural households. In Uncovering the hidden harvest (pp. 33-81). Routledge.

Cisneros, C., Presten, D. A., Ibarra, H., Martínez, L., Lentz, C., Pachano, S., et al. (1988). Población, migración y empleo en el Ecuador. FLACSO.

Coll, C., & Monereo, C. (2008). Psicología de la Educación Virtual. Madrid: Ediciones Morata.

Davis J, Bilsborrow R, Gray C. (2015) Delayed Fertility Transition among Indigenous Women: A Case Study in the Ecuadorian Amazon. International Perspectives on Sexual and Reproductive Health. 41 (1):1–10. Pmid: 25856232

FAO (2010). Estrategia Institucional sobre el Desarrollo de la Capacidad. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. p. 10. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-k8908s.pdf

___ (2013) SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems: Indicators Food and Agriculture Organization of the United Nations; Roma, Italy, p. 271.

___ (2014). SAFA Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems: Tool User Manual Version 2.4.1; FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations: Roma, Italy. p. 20.

___ (2018). State of the World's Forests Rome: United Nations Food and Agricultural Organization.

Friant, M. C. (2016). Comercio justo, seguridad alimentaria y globalización: construyendo sistemas alimentarios alternativos. Íconos: Revista de Ciencias Sociales, (55), 215–240.

Guevara J., Pitman N., Mogollón H, Cerón C, Palacios W. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito, Ecuador. p. 178 – 180.

Hough, J. (2006) 'Developing capacity', en M. Lockwood, G. Worboys y A. Kothari (eds) Managing Protected Areas: A Global Guide, Capítulo 7, pp164–192, Earthscan, Londres, Reino Unido

Hudson, I., & Hudson, M. (2015). Una crítica vacilante: ¿cómo el potencial del Comercio Justo disminuye con el "éxito"?

International Institute for Communication and Development (IICD) (2013). Youth, ICTs and agriculture: Exploring how digital tools and skills influence the motivation of young farmers. IICD, The Hague, The Netherlands.

Irungu, K. R. G., Mbugua, D., & Muia, J. (2015). Information and Communication Technologies (ICTs) attract youth into profitable agriculture in Kenya. East African Agricultural and Forestry Journal, 81(1), 24–33.

Kirchherr, J., & Charles, K. (2018). Enhancing the sample diversity of snowball samples: Recommendations from a research project on anti-dam movements in Southeast Asia. PloS one, 13(8), e0201710.

Maffi L, Woodley E (2010) Biocultural Diversity Conservation: A Global Sourcebook. Londres, Reino Unido: Earthscan Ltd. p. 313.

Murphy L, Bilsborrow R, Pichón F. (1997) Poverty and prosperity among migrant settlers in the Amazon rainforest frontier of Ecuador. The Journal of Development Studies. 34(2):35–66.

Nepstad D, Schwartzman S, Bamberger B, Santilli M, Ray D, Schlesinger P, et al. (2006) Inhibition of Amazon Deforestation and Fire by Parks and Indigenous Lands. Conservation Biology.;20(1):65–73. pmid:16909660

Njenga, P., Frida, M. y Opio, R. (2012). Empoderamiento de jóvenes y mujeres a través de la agricultura en Kenia. Servicio voluntario en el extranjero (VSO-Jitolee). Nairobi, Kenia.

Pacheco, M.E.L. (2002) Em defesa da agricultura familiar sustentável com igualdade de gênero. In Perspectivas de Gênero: Debates e Questões Para as ONGs; GT Gênero—Plataforma de Contrapartes Novib/SOS Corpo; Gênero e Cidadania: Recife, Brazil,; pp. 138–1

Pichón, F.J. (1997). Settler households and land-use patterns in the Amazon frontier: farm-level evidence from Ecuador. World Development, Vol. 25, No. 1, pp.67-91

Pimm, S. L., & Jenkins, C. (2005). Sustaining the variety of life. Scientific American, 293(3), 66–73.

Quezada-Sarmiento, P. A. & Mengual Andrés, S. (2017). Implementación de una solución web y móvil para la gestión vehicular basada en Arquitectura de Aspectos y metodologías ágiles: Un enfoque educativo de la teoría a la práctica. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 27, 97–111.

Razo Salas, M. A., Vázquez Reyes, S. & Solís Robles, R. (2016). Mejoras del proceso endoscópico usando aplicaciones móviles. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 17, 115–127

Rival, L (2002). Trekking through history: the Huaorani of Amazonian Ecuador. New York: Columbia University Press,

Rudel TK, Bates D, Machinguiashi R. (2002) Ecologically Noble Amerindians? Cattle Ranching and Cash Cropping among Shuar and Colonists in Ecuador. Latin American Research Review.;37(1):144–59.

Schwartzman S, Moreira A, Nepstad D. (2000) Rethinking Tropical Forest Conservation: Perils in Parks. Conservation Biology. 14(5):1351–7.

Soldi, A., Aparicio Meza, M. J., Guareschi, M., Donati, M., & Insfrán Ortiz, A. (2019). Sustainability Assessment of Agricultural Systems in Paraguay: A Comparative Study Using FAO's SAFA Framework. Sustainability, 11(13), 3745.

Sutton, J., & Austin, Z. (2015). Qualitative research: Data collection, analysis, and management. The Canadian journal of hospital pharmacy, 68(3), 226.

Tharakan, J. (2015) Integrating indigenous knowledge into appropriate technology development and implementation, African Journal of Science, Technology, Innovation and Development, 7:5, 364-370, DOI: 10.1080/20421338.2015.1085176

Torres, B., Maza, O. J., Aguirre, P., Hinojosa, L., & Günter, S. (2015). The contribution of traditional agroforestry to climate change adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra system. Handbook of climate change adaptation, 1973-1994.

Vasco C, Tamayo G, Griess V. (2017). The Drivers of Market Integration Among Indigenous Peoples: Evidence From the Ecuadorian Amazon. Society & Natural Resources.

Zapata Cárdenas, M. I., & Marín Ochoa, B. E. (2015). Ruralidad y dispositivos móviles: apropiación social y uso de la Tableta de Información Cafetera TIC. Estudio de caso Federación Nacional de Cafeteros para Antioquia.

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

Recebido/Submission: 16/09/2019
Aceitação/Acceptance: 22/11/2019

Implementación de una antena PIFA multibanda a 1.7 GHz y 2.1 GHz, para un laboratorio de bajo costo de microondas y antenas

Edgar E. González[1], Wilson H. Anrango[1], Jorge L. Lara[1]

eegonzalez@uisrael.edu.ec, wanrango@uisrael.edu.ec, jlara@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 117–130

Resumen: El presente trabajo presenta el diseño, simulación, optimización e implementación de una antena PIFA (Planar Inverted F Antenna) a 1.7 GHz y 2.1 GHz, el cual surge de la necesidad de fabricar antenas PIFA de bajo costo utilizando un procedimiento artesanal y manteniendo altas características de radiación. Para la implementación de la antena se toma como base diseños propuestos de antenas PIFA con ranuras y se realizan los cálculos necesarios para determinar la geometría de la antena tomando en cuenta las frecuencias de resonancia planteadas. Para cumplir con los parámetros de diseño se realizan algunos ajustes al modelo original; así, este aporte puede ser utilizado en la implementación de antenas PIFA para otras aplicaciones. Los resultados indican un bajo margen de error entre los parámetros obtenidos en la simulación mediante el software ADS, y en la verificación del funcionamiento de la antena mediante un analizador vectorial de redes (VNA).

Palabras-clave: antena PIFA; VNA; ADS; Laboratorio de Bajo costo.

Implementation of a multi-band PIFA (Planar Inverted F Antenna) antenna, with 1.7 GHz and 2.1 GHz slots, for a low-cost radio frequency and microwave laboratory.

Abstract: This paper presents the design, simulation, optimization and implementation of a PIFA (Planar Inverted F Antenna) antenna at 1.7 GHz and 2.1 GHz, which arises from the need to manufacture low-cost PIFA antennas using a traditional procedure and maintaining high radiation characteristics. For the implementation of the antenna, the proposed designs of PIFA antennas with slots are taken as the basis and the necessary calculations were made to determine the geometry of the antenna taking into account the proposed resonance frequencies. To comply with the design parameters, some adjustments were made to the original model; Thus, this contribution can be used in the implementation of PIFA antennas for other applications. The results indicate a low margin of error between the design parameters raised with those obtained in the simulation using the ADS software, and in the verification of the antenna's operation by means of a vector network analyzer (VNA).

Keywords: PIFA antenna; VNA; ADS; low-cost laboratory.

1. Introducción

En la actualidad, la mayoría de universidades del país y del mundo cuentan con laboratorios de radiofrecuencia y microondas para el estudio de antenas. Estos laboratorios se utilizan para permitir el desarrollo de una adecuada experiencia práctica en cuanto a diseño, optimización y fabricación de diferentes prototipos para distintas aplicaciones en sistemas inalámbricos. Generalmente estos laboratorios incluyen componentes de radiofrecuencia y microondas, software de diseño y simulación, equipos de test y medida, entre otros. Sin embargo, la implementación completa de un laboratorio de radiofrecuencia y microondas requiere una elevada inversión económica, debido al alto costo de los diferentes instrumentos, materiales y equipos requeridos. Por consiguiente, en la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel, se ha puesto en marcha un proyecto de investigación denominado "Implementación de un laboratorio de bajo costo de microondas y antenas". Este proyecto consiste en incorporar en un laboratorio diferentes equipos para medición y testeo de sistemas de microondas y antenas, así como también contempla la fabricación de antenas, filtros, divisores de potencia, c. Así, en este paper se presenta el diseño, simulación, optimización y resultados de funcionamiento de una antena PIFA multibanda a 1.7 GHz y 2.1 GHz, implementada como parte del proyecto anteriormente citado; tales bandas de operación corresponden a sistemas celulares LTE (Long Term Evolution). Es importante recalcar que, gracias a que en el laboratorio se incorporó un analizador de redes vectorial (VNA), se ha podido caracterizar y verificar adecuadamente la correcta operación de la antena implementada, bajo los parámetros de diseño planteados.

Para la implementación de la antena PIFA multibanda se parte de un diseño general para este tipo de antena. No obstante, se tienen en cuenta algunas consideraciones y se realizan ajustes en el diseño para cumplir con los parámetros planteados. Tal aporte puede ser aplicado para el diseño de antenas similares que operen a otras frecuencias. Como herramienta de simulación se utiliza el software ADS (Advance Design System), el cual permite realizar el proceso de optimización del diseño antes de pasar a la fabricación de la antena. El método de fabricación es artesanal, esto con el fin de cumplir con los objetivos del proyecto general, el cual se basa en la implementación de un laboratorio de bajo costo.

El documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta una contextualización y estado del arte sobre diseños de antenas PIFA para distintos servicios. En la sección 3 se incluye la metodología seguida el diseño, simulación, optimización y fabricación de la antena. La sección 4 detalla los resultados obtenidos mediante la caracterización y verificación del correcto funcionamiento de la antena, mediante un VNA. Finalmente, en la sección 5, se presentan las conclusiones para este trabajo.

2. Contextualización y estado del arte

Una antena PIFA es básicamente una antena plana que posee una forma de F invertida y tiene su aplicación, especialmente, en sistemas de comunicaciones inalámbricas. Así, una aplicación que se puede indicar es el servicio de comunicaciones móviles, en donde los equipos de usuario (UE - User Equipment), tienen incorporado este tipo de antenas,

gracias a que por su pequeño tamaño pueden ser ensambladas en espacios reducidos. Además, y como una gran ventaja, estas antenas pueden operar en diferentes bandas, lo cual es necesario en sistemas móviles. En función de distintos cambios que se puede considerar con las dimensiones de la antena PIFA, el tipo de material conductor, tipo de sustrato, entre otros, se pueden obtener diferentes parámetros de funcionamiento de la misma. Tal como se indica en la figura 1, las dimensiones D y C determinan la ranura o hendidura de la antena; la dimensión D es la distancia entre la esquina del parche y la abertura de la ranura y la dimensión C es la longitud de la ranura. Por otro lado, la distancia P es la distancia entre la parte horizontal de la ranura y el borde del parche; P no es realmente una dimensión crítica, sin embargo, decide la forma de la hendidura (Zhang, 2017).

Existen variantes de antenas PIFA propuestas por (Yamina Belhadef, 2011), en las que bajo ciertas modificaciones en la estructura de la antena se consiguen antenas PIFA de dos, tres o más bandas. En la figura 2 se indica la geometría y dimensiones antenas PIFA para dos y tres bandas de resonancia. En (Yamina Belhadef, 2011) se muestran los resultados de las simulaciones en el software HFSS, realizadas a los diseños indicados en la figura 2. Sin embargo, no existe información si tales diseños fueron implementados y si se verificó su funcionamiento, por ejemplo, con un VNA. Los resultados de las simulaciones muestran buenos indicadores de potencia reflejada en todos los casos. Por ejemplo, para el caso de la antena tri-banda los resultados indican que, como se esperaba, se obtienen tres frecuencias de resonancia: 2.83 GHz, 3.66 GHz y 6.83 GHz. Estas frecuencias de resonancia se corresponden con los estándares MBWA (Mobile Broadband Wireless Acces), UWB (ultra-wide-band) y WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), respectivamente. En todos los casos, los valores de pérdidas de retorno (return loss) son inferiores a -25 dB.

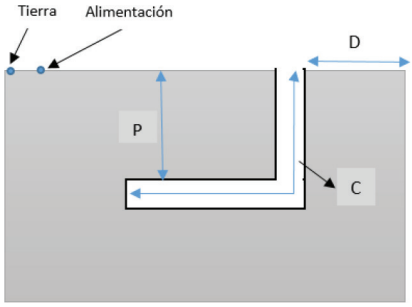


Figura 1 – Geometría de antena PIFA Multibanda.
Fuente: (Zhang, 2017).

En el trabajo propuesto por (Halaoui, Abdelmoumen, & Ahyoud, 2014) se realiza el diseño y simulación de una antena PIFA para aplicaciones WIFI y LTE. Específicamente las frecuencias de resonancia de los diseños propuestos pueden operar en el rango de frecuencias de 2.31 GHz a 2.71 GHz, lo que representa un ancho de banda total de 400 MHz. Así, la frecuencia de 2.31 GHz coincide con una de las frecuencias de resonancia planteadas en este trabajo. Adicionalmente, en (Halaoui et al., 2014) se realizan cambios

en la longitud, ancho y altura del plato superior de radiación de la antena PIFA, así como también se trabaja con distintos sustratos. Los resultados indican que tales modificaciones pueden cambiar la frecuencia de resonancia de la antena, sin embargo, no afectan de manera significativa en el patrón de radiación.

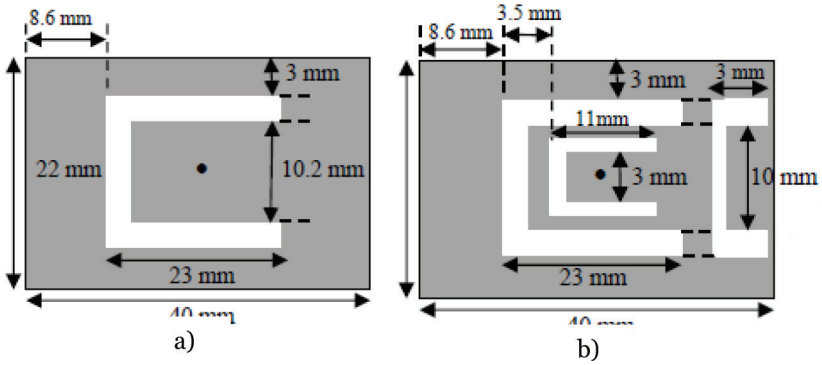


Figura 2 – Geometría y dimensiones de antena PIFA, a) Dual, b) Tri-banda.
Fuente: (Yamina Belhadef, 2011).

En otro trabajo publicado por (Khlouf Munzer, Azemi, Abdullah Al-Hadi, Soh, & Jamlos, 2017), se presenta la simulación de una antena PIFA Dual con configuración L. La antena PIFA desarrollada consiste en una modificación del diseño tradicional, por lo que se crea un slot en forma de L diseñado para conseguir frecuencias de resonancia en bandas de comunicaciones móviles; específicamente las bandas GSM de 876-960 MHz y 1710-1889 MHz. Exactamente las frecuencias de resonancia de la antena diseñada y simulada son a 0.9 GHz y 1.9 GHz. Además, en (Khlouf Munzer et al., 2017) se realiza un testeo de la antena diseñada, en cuenta al lóbulo de radiación, ganancia y eficiencia. Así, se verifica que el patrón de radiación es omnidireccional, lo que la hace idónea para aplicaciones en telefonía móvil.

En los trabajos revisados, y citados previamente, se realiza un enfoque principal a la parte de diseño y simulación de la antena PIFA. Además, no se encontraron trabajos científicos en donde se defina un procedimiento específico de fabricación. Es así que, la importancia de este trabajo radica en que además del diseño y simulación, se realiza la fabricación de la antena utilizando métodos artesanales. Esto permite caracterizarla utilizando un equipo VNA y se pueden aportar resultados reales (no solamente simulados) de las características de radiación de la antena.

3. Metodología

La metodología que permite obtener una antena PIFA multibanda es principalmente empírica, que parte desde la base de diseño de una antena tipo patch rectangular y con referencia a otras antenas PIFA; para ello se necesita definir la forma geométrica de la antena y su correspondiente descripción paramétrica, posteriormente el procedimiento para diseñar una antena multi-banda conjuntamente con sus ecuaciones matemáticas y la optimización

necesaria para que pueda ser construida. En cualquier momento el procedimiento debe repetirse siempre que sea necesario hasta observar un resultado óptimo.

3.1. Consideraciones en la geometría

Las antenas tipo parche de geometría regular tienen como principal problema que su ancho de banda es muy estrecho, pero puede incrementarse mediante el diseño de ranuras y la conformación de una antena PIFA (Song, Hall, & Ghafouri-Shiraz, 2000). Así mismo es posible incorporarle a una antena la capacidad de trabajar a multi-frecuencias al excitar varios modos de resonancia utilizando una estructura ramificada cortando ranuras en el elemento radiante. (Razali & Bialkowski, 2009)

3.2. Descripción paramétrica

En esta sección se pretende generalizar una nomenclatura para cada una de las partes que conforman una antena patch y algunas características intrínsecas de los materiales que se usa en la fabricación.

En la figura 3 se puede observar la estructura general y la nomenclatura usada para definir el diseño de la antena PIFA en cuestión. La permitividad del aire ( ) se utiliza como sustrato entre el parche y el plano tierra. (Hossa & Bialkowski, 2007)

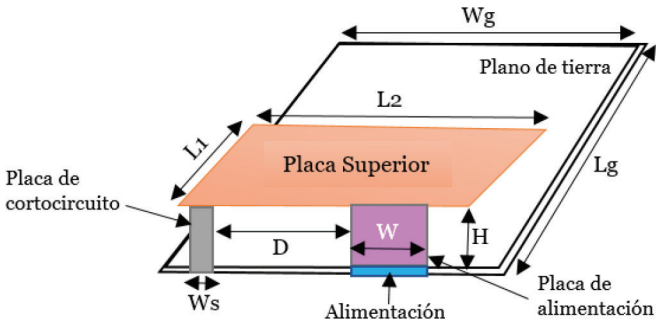


Figura 3 – Esquema general y estructural de la antena PIFA
Fuente: (Hassan Tariq Chattha, 2009)

Los parámetros fundamentales para ajustar el diseño de la antena PIFA son la longitud del parche (L1 y L2), la altura (H) a la cual se encuentra la antena, el ancho de la placa de cortocircuito (W) y la distancia desde la alimentación hasta el cortocircuito (D). (García L., 2007)

3.3. Diseño de la antena PIFA Multibanda

El diseño de una antena PIFA depende de la decisión que se tome respecto a variaciones físicas que podrían mejorar o empeorar algunos parámetros electromagnéticos. Es así que su ancho de banda varía con H, la dimensión del parche regula la frecuencia de resonancia y la variación de parámetros como: posición del punto cortocircuitante,

posición de la alimentación, altura de la capa de aire ajusta la estructura. (García, 2007) (Hossa & Bialkowski, 2007).

De acuerdo a (García L. , 2007) es posible tener dos consideraciones de diseño respecto a la anchura de la placa de cortocircuito. La primera considera que W tiende a cero, por lo que se convertirá en un pin de cortocircuito (1); y por otro lado que W sea igual a L1 (2). En la Tabla 1 se incorporan las ecuaciones necesarias de diseño:

	Condición	Ecuación
(1)	$W \to 0$	$L_2 + L_1 + H = \frac{\lambda}{4}$
(2)	$W = L_1$	$L_2 + H = \frac{\lambda}{4}$
(3)		$(L_1 + W + H)\sqrt{\varepsilon_r} = \frac{\lambda}{4}$
(4)		$c = \lambda f$
(5)		$f = \frac{c}{\lambda\sqrt{\varepsilon_r}}$
(6)		$e_{r\,eff} = \frac{e_{r1}\, e_{r2}\,(h_1 + h_2)}{e_{r1}\, h_2 + e_{r2}\, h_1}$
(7)		$\lambda_{eff} = \frac{\lambda_o}{e_{r\,eff}}$

Fuente: (García L., 2007)

Tabla 1 – Ecuaciones de diseño

Para la implementación de la antena se requiere el uso de una placa o sustrato FR-4 en fibra de vidrio (ver tabla 2), que es una clase de sustrato con resina epoxy como tela adhesiva. Su adhesivo y el laminado revestido de cobre delgado del núcleo lo convierte en un material ideal para el desarrollo de circuitos impresos.

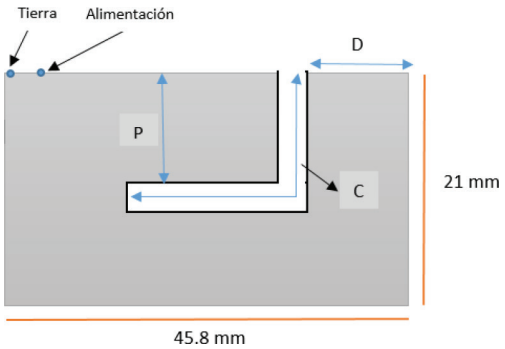


Figura 4 – Dimensiones de la PIFA según los cálculos.

Sustrato	Permitividad dieléctrica relativa	Tangente del ángulo de pérdidas	Grosor del sustrato	Grosor del conductor de cobre
Placa de FR-4	4.4	0.02	1.5 mm	0.035 mm

Tabla 2 – Características del sustrato

Para que la antena patch resuene a dos frecuencias se le debe incorporar cortes de ranuras, tal como se observa en la figura 4. Sin embargo, no existen ecuaciones matemáticas propuestas que permitan determinar con exactitud ni con cierta aproximación, las dimensiones de dichas ranuras. Por lo tanto, los valores de I1 e I4, están definidos con aproximaciones proporcionales en función del largo y el ancho de la placa superior. Estas aproximaciones se consiguen de la siguiente forma: partiendo de que las dimensiones del plato superior (calculados previamente) son para L1= 45.8 mm y para L2= 21 mm (ver Figura 4), se establece de forma empírica que, si el corte se lo realiza de manera céntrica, las dos frecuencias de resonancia serán muy parecidas. Así que con base en la lógica de la antena PIFA, no se realiza un corte céntrico, sino a cierta distancia de separación desde el centro, tal como se indica la figura 4.

Respetando tal separación, se asume una relación directamente proporcional:

$$\frac{Frecuencia1}{Distancia1} \quad \frac{Frecuencia2}{Distancia2} \tag{8}$$

Como los valores propuestos de resonancia son 1.7 GHz y 2.1 GHz surge la siguiente proporción:

$$\frac{2.1GHz}{21mm} = \frac{1.7GHz}{X}$$

$$\frac{2100000000\,Hz}{0.021m} = \frac{1700000000\,Hz}{X}$$

$$X = \frac{1700000000\,Hz * 0.021m}{2100000000\,Hz} = 0.017\,m = 17\,mm$$

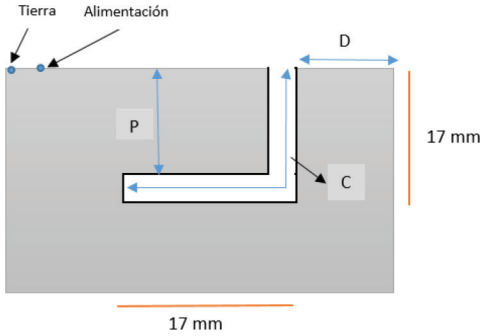


Figura 5 – Dimensiones tentativas para la ranura de la antena PIFA.

Por lo tanto, inicialmente, y previo a la optimización, se asume que la ranura en forma de L, tendrá una longitud de 17 mm, tal como se indica en la figura 5. El ancho de la ranura óptimo se lo conseguirá por completo en el proceso de optimización.

Usando las ecuaciones correspondientes y tomando en cuenta las aproximaciones realizadas se obtienen los parámetros que se muestran en la Tabla 3. I1 e I4 corresponde a las dimensiones tentativas para el tamaño de las ranuras de la placa superior. Los valores calculados siempre corresponden a diseños perfectos, donde los elementos utilizados no presentan ningún problema físico y funcionan de manera óptima. Tales afirmaciones en la realidad no se presentan y más aún en el diseño de cualquier antena que es muy sensible y propensa a interferencias, y al ser diseñada de manera artesanal, requerirá un proceso de optimización.

	a 1.7 GHz (cm)	a 2.1 GHz (cm)
I1 I4	17	17
L1	45.800175	45.817586
L2	21,00198014	28,1112678
W	2,00396028	1,62225356
H	2,00396028	1,62225356

Tabla 3 – Dimensiones teóricas para el diseño de la antena PIFA.

3.4. Optimización del diseño

La optimización es el proceso que permite mejorar los parámetros de la antena después de haber simulado aquellos valores calculados en primera instancia. Este proceso es sumamente necesario en el diseño de antenas, pero sobre todo en el diseño de la antena PIFA ya que no se conocen con exactitud las dimensiones de las ranuras. Se han evaluado algunos simuladores con los cuales se podría diseñar la antena PIFA, a saber: Qucs, Sonnet, CST Studio Suite, y ADS (Advanced Design System) de Keysight. Posterior a realizar la simulación en los softwares listados se determinó que ADS es la herramienta que presenta las mejores prestaciones de diseño y optimización para el desarrollo de este proyecto (ver Tabla 4). En la figura 6 se muestra la antena PIFA diseñada en ADS.

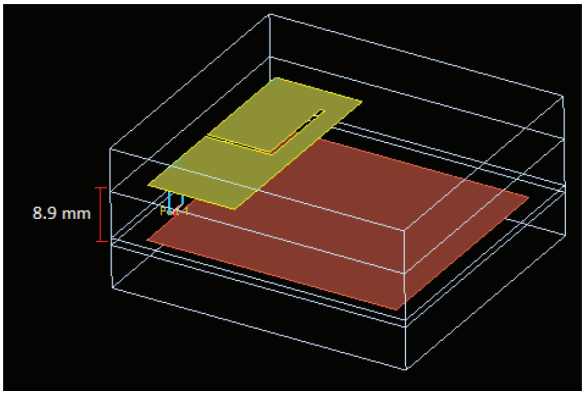


Figura 6 – Diseño de la antena PIFA en ADS.

Es importante aquí optimizar las dimensiones de las ranuras de la parte superior de la antena PIFA utilizando una metodología empírica de prueba y error partiendo de las dimensiones aproximadas calculadas en las secciones anteriores (ecuación 8) y con la ayuda del software ADS hasta que se consiga los valores óptimos requeridos de resonancia a 1.7 GHz y 2.1 GHz y con parámetros S mínimos menores a -10dB. De la misma manera, fue necesario un proceso de optimización de los valores del punto de alimentación, dimensiones del punto de cortocircuito y del plato superior y sustrato.

4. Resultados

En la Tabla 4 se muestra un cuadro comparativo para resumir las principales ventajas y desventajas que presenta el software ADS como simulador de antenas respecto a otras herramientas. Así, ADS cumple con todos los requerimientos de rendimiento y visualización para este trabajo.

Programa	Interfaz amigable	Disponibilidad de herramientas y recursos	Rendimiento	Capacidad de visualización 3D
Qucs	Si	Medio	Medio	Medio
Sonnet	No	Avanzado	Bajo	Avanzado
CST	Si	Avanzado	Avanzado	Avanzado
ADS	Si	Avanzado	Avanzado	Avanzado

Tabla 4 – Comparativa de entornos de diseño y optimización para una antena PIFA.

Una vez realizada la optimización del dispositivo constatando los mejores parámetros de funcionamiento, se obtienen las dimensiones de la antena mostradas en la Tabla 5.

Terminología	Significado	Distancia en mm
Wg	Ancho del plano de tierra	*51.11*
Lg	Longitud del plano de tierra	*50.10*
Ws	Ancho del plano de cortocircuito	*3.97*
W	Ancho de la placa de alimentación	*4.51*
H	Distancia entre el plano de tierra y placa superior	*8.9*
L1	Longitud de la placa superior	*46.8*
L2	Ancho de la placa superior	*21.2*
T	Altura del sustrato	*1.5*
I1, I4	Dimensiones de la ranura del plato superior	*21.2 , 15.61*

Tabla 5 – Dimensiones de la antena PIFA mediante optimización.

En la figura 7 se muestra una imagen 3D de la antena PIFA implementada en el software ADS. Además, se indican las dimensiones de la antena conforme a la Tabla 5.

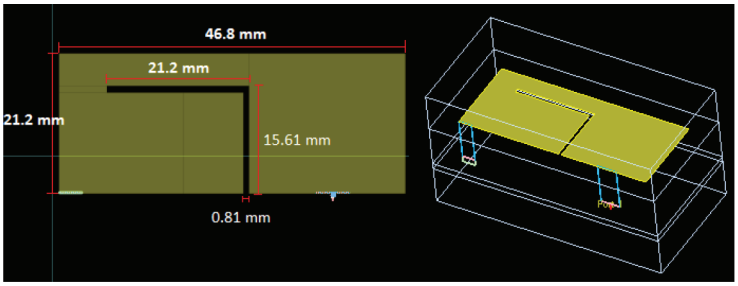


Figura 7 – Antena PIFA multibanda implementada en ADS.

La Figura 8 indica el patrón de radiación de la antena PIFA obtenido en ADS. El modo de radiación es omnidireccional, típico de este tipo de antenas.

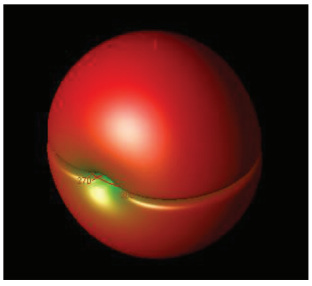
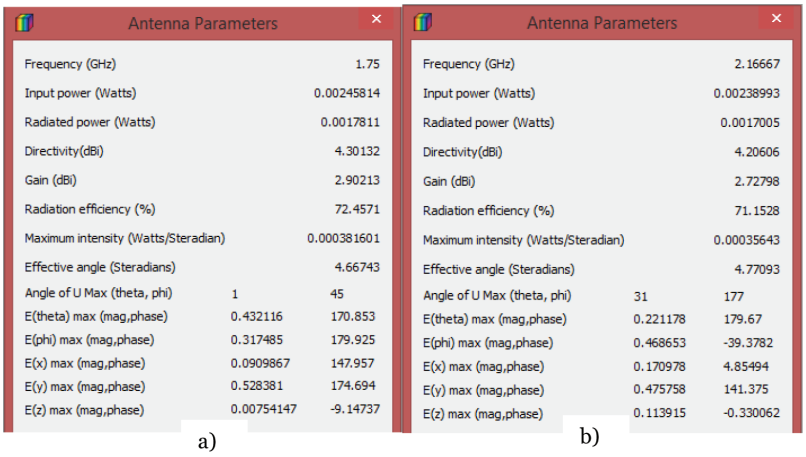


Figura 8 – Patrón de radiación del PIFA.



Antenna Parameters

Frequency (GHz)		1.75
Input power (Watts)		0.00245814
Radiated power (Watts)		0.0017811
Directivity(dBi)		4.30132
Gain (dBi)		2.90213
Radiation efficiency (%)		72.4571
Maximum intensity (Watts/Steradian)		0.000381601
Effective angle (Steradians)		4.66743
Angle of U Max (theta, phi)	1	45
E(theta) max (mag,phase)	0.432116	170.853
E(phi) max (mag,phase)	0.317485	179.925
E(x) max (mag,phase)	0.0909867	147.957
E(y) max (mag,phase)	0.528381	174.694
E(z) max (mag,phase)	0.00754147	-9.14737

a)

Antenna Parameters

Frequency (GHz)		2.16667
Input power (Watts)		0.00238993
Radiated power (Watts)		0.0017005
Directivity(dBi)		4.20606
Gain (dBi)		2.72798
Radiation efficiency (%)		71.1528
Maximum intensity (Watts/Steradian)		0.00035643
Effective angle (Steradians)		4.77093
Angle of U Max (theta, phi)	31	177
E(theta) max (mag,phase)	0.221178	179.67
E(phi) max (mag,phase)	0.468653	-39.3782
E(x) max (mag,phase)	0.170978	4.85494
E(y) max (mag,phase)	0.475758	141.375
E(z) max (mag,phase)	0.113915	-0.330062

b)

Figura 9 – Parámetros de la antena PIFA obtenidos en ADS: a) a 1.7 GHz, b) a 2.1 GHz.

En la figura 9 se indican los parámetros obtenidos luego de realizar la simulación de la antena en ADS. Es necesario destacar que las frecuencias de resonancia son muy precisas con el diseño, la ganancia de la antena a 1.7 GHz es de 2.9 dBi, y de 2.7 dBi a 2.1 GHz. En ambos casos la eficiencia de radiación de la antena es superior al 70 %.

La figura 10 representa los parámetros correspondientes a la energía perdida por reflexión en la antena, presentando los mejores parámetros a las frecuencias de resonancia propuestos. Estas gráficas representan la magnitud y la fase de las reflexiones de tensión que se generan en el dispositivo cuando es sometido a un barrido de frecuencias. Las reflexiones proporcionan una relación entre la potencia recibida respecto a la potencia propagada por la antena.

Se puede observar también que el comportamiento de la antena se asemeja a un filtro pasa banda que permite el paso de las señales que se encuentran centradas en las frecuencias de diseño, ya que la magnitud de la onda reflejada es mínima y menor a -10 dB y crece potencialmente en las frecuencias menores a 1.7 GHz y de la misma forma en las frecuencias mayores a 2.1 GHz. En cuanto a la fase de la señal reflejada se observa un desfase de 90 grados, aproximadamente, que puede compensarse en la implementación con un acople adecuado.

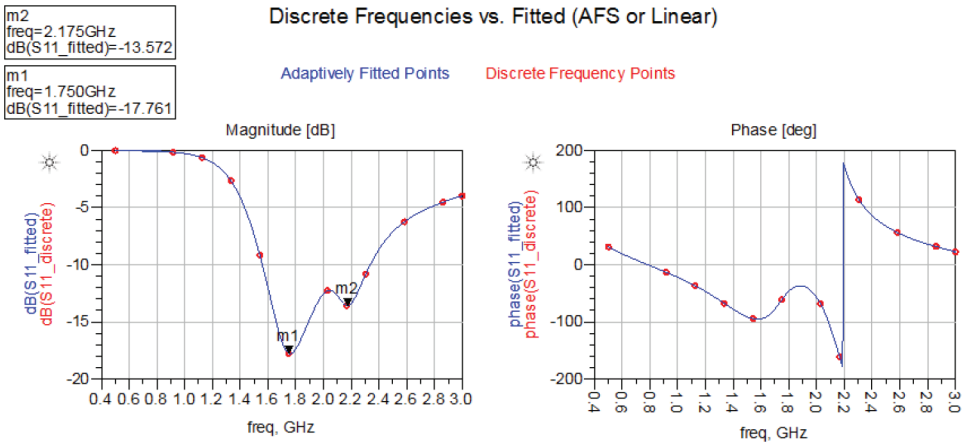


Figura 10 – Magnitud de parámetros de la antena simulada.

Una vez construida la antena, se puede medir los parámetros S11 reales tal como se indica en la figura 11. Se observa un resultado muy aproximado a la simulación y con parámetros de reflexión mucho menores a -10 dB, incluso menor e igual a -30 dB. La medida se realiza con el equipo VNA con un barrido frecuencial desde 0.5 GHz hasta 3 GHz con intervalos de 0.25 GHz. La figura es recortada y además se colocan dos marcadores en la intersección entre el valor de las frecuencias de resonancia y el valor correspondiente del parámetro S11 buscando una mejor visualización.

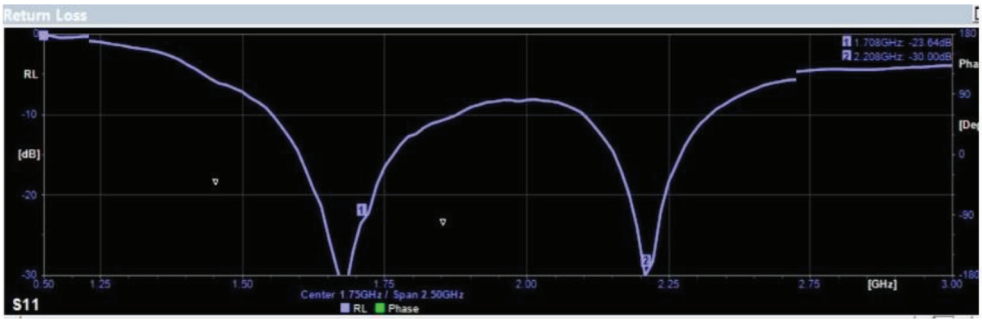


Figura 11 – Medición de parámetros S11 reales con un VNA.

Para finalizar se realiza una comparación entre los valores que se obtuvieron como resultado en cada proceso. En cuanto al proceso metodológico, el resultado obtenido demuestra la capacidad de aproximación a los valores reales del dispositivo presentando algunas pequeñas diferencias, tal como se indica en la Tabla 6.

Tipo de medición	Frecuencia inferior [GHz]	Frecuencia superior [GHz]	Magnitud [dB], frecuencia inferior	Magnitud [dB], frecuencia superior	% de error frecuencia inferior	% de error frecuencia superior
Propuesta	1.7	2.1	≤ -30	≤ -30	-------	-------
Simulada	1.750	2.175	≈ -19	≈ -14	imperceptible	imperceptible
Real	1.708	2.208	-30	≈ -30	imperceptible	4.76%

Tabla 6 – Comparativa de parámetros propuestos, simulados y reales.

En la figura 12, se muestra la antena PIFA construida de manera artesanal considerando los parámetros optimizados.

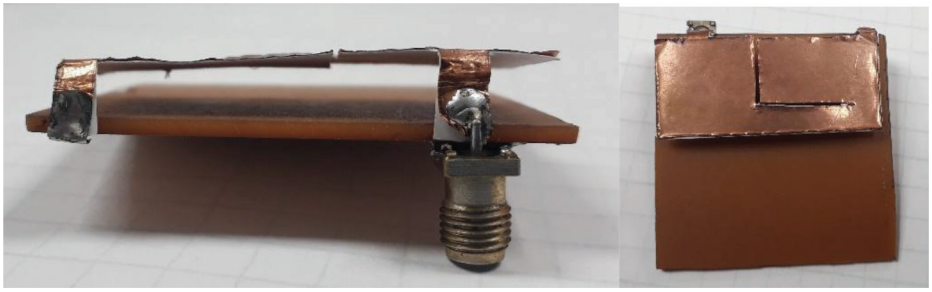


Figura 12 – Implementación artesanal de la antena PIFA Multibanda con ranuras.

Finalmente, la implementación artesanal de una antena PIFA multibanda involucra pérdidas que no serían notables en una implementación industrial con procedimientos

de gran exactitud, sin embargo, pueden mitigarse con un proceso de optimización permitiendo obtener buenos resultados en los parámetros electromagnéticos y de radiación. La metodología sugerida en este trabajo demuestra que los resultados finales proporcionan los mejores parámetros de la antena. Un resultado interesante que se puede destacar es la aproximación matemática de las dimensiones del corte de las ranuras a partir de las cuales se reduce el tiempo de optimización sobre todo al ser un tipo de antena muy sensible a los cambios electromagnéticos cuando se presentan cambios físicos en su estructura.

5. Conclusiones

Se obtiene una antena PIFA Multibanda para las frecuencias de 1.7 y 2.1 GHz superando varios inconvenientes tanto en la etapa de diseño, en la etapa de simulación, en la etapa de optimización y en la etapa de implementación, principalmente considerando que las dimensiones físicas de la antena varían en dependencia del dispositivo del cual formará parte, ya que deberá acoplarse al contorno disponible de cada tipo de carcasa; por esta razón los cálculos de diseño son meras aproximaciones y los resultados finales se obtienen a partir del proceso de simulación y optimización mediante una metodología empírico-heurística (prueba y error) para así disminuir la brecha entre el diseño matemático y su implementación.

Después de simular una antena PIFA en varios sistemas de software dedicados y llevarlos a su correspondiente implementación, se observa que ADS permite reflejar una antena PIFA con mayor facilidad de manejo por parte del usuario y proporciona un resultado bastante detallado de los parámetros de la antena, pero sobretodo muy semejante a los obtenidos en la implementación física de la misma. El proceso de optimización permite destacar que cualquier cambio mínimo a las dimensiones de la antena simulada, incurre en grandes variaciones en los parámetros electromagnéticos y por tanto en los de radiación, de esta manera, si el plano de tierra se acorta, entonces aumenta la potencia de reflexión de la frecuencia superior de diseño y, por otro lado, si el ancho de la ranura se agranda, las frecuencias de resonancia de la antena se mueven superiormente en el espectro.

Al utilizar un proceso de implementación artesanal, los cortes manuales que se aplican tanto en el sustrato como en la cinta de cobre alteran el desempeño de la antena dependiendo del grosor de los instrumentos de corte (para el caso de la sierra 0.5 mm, y para el caso del estilete 0.2 mm), por lo que los resultados diferirán frente a la simulación en la que no se toma en cuenta las pérdidas por corte del material. Si se decide realizar la antena con un acabado profesional se puede obtener un corte de hasta 0.01 mm, lo que ayudaría notablemente al desempeño de la antena.

Referencias

García, L. (2007). *Contribution to the characterization and evaluation of multiple antenna systems for communications: prototyping, propagation and antenna perspective (Tesis Doctoral)*. Madrid.

Halaoui, M. El, Abdelmoumen, K., & Ahyoud, S. (2014). Design and simulation of a planar inverted-F antenna (PIFA) for Wi-Fi and LTE Applications. International Journal of Innovation and Applied Studies, 9(3), 1048–1055.

Hassan Tariq Chattha, Y. H. (2009). PIFA Bandwidth Enhancement by Changing the Widths of Feed and Shorting Plates. *IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, VOL. 8*, 637.

Hossa, R., & Bialkowski, M. (2007). Investigations into operation of single and multi-layer configurations of planar inverted-F antenna. *IEEE Antennas Propagation Magazine, 49*, 22–33.

Kashyap, S. (2014). Planar Inverted-F Antenna for GPS Application- A Study. *Journal of Engineering Research and Applications* , 78–82.

Khlouf Munzer, M., Azemi, S. N., Abdullah Al-Hadi, A., Soh, P. J., & Jamlos, M. F. (2017). Dual Band Planar Inverted F Antenna (PIFA) with L-Shape Configuration. MATEC Web of Conferences, 140, 4–7. https://doi.org/10.1051/matecconf/201714001019

Keysight. (2019). *Keysight Technologies*. Obtenido de https://www.keysight.com/

Mustapha El-Halaoui, A. K. (2015). Dual-Band Planar Inverted-F Antenna with Enhanced Bandwidth by Adding a T-Shaped Slot and a Two Elements for Mobile Phone Applications. *Progress In Electromagnetics*, 150–156.

Razali, A., & Bialkowski, M. (2009). Coplanar inverted-F antenna with open-end ground slots for multi-band operation. *IEEE Antennas Wireless Propagation Letters, 8*, 1029–1032.

Sahil Saini, N. K. (2016). A Review of Various Planar Inverted F- Antenna (PIFA) Structures for Wireless Applications. *nt. Journal of Electrical & Electronics*, 63-64.

Song, C. T., Hall, P. S., & Ghafouri-Shiraz, H. (2000). Triple band planar inverted F antennas for handheld. *Electronics Letters, 36*, 112–114.

Torres, F. (2016). La Importancia de Los Laboratorios en el Proceso de aprendizaje. *Informativo UPEC*, 2–3.

Yamina Belhadef, N. B. (2011). Design of New Multiband Slotted PIFA Antennas. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, 325–330.

Zhang, Z. (2017). *Antenna Design For Mobile Devices*. Tsinghua, China: Wiley IEEE Press.

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

Recebido/Submission: 11/07/2019
Aceitação/Acceptance: 14/10/2019

Fabricación de un acoplador direccional de tres secciones para uso en un laboratorio de bajo costo

Flavio Morales[1], Fernando Tipán[1], David Cando[1], Renato M. Toasa[1]

fmorales@uisrael.edu.ec, fernando.tipan@hotmail.com, dcando@uisrael.edu.ec, rtoasa@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 131–146

Resumen: La presente investigación propone el diseño, simulación e implementación de un acoplador direccional de tres secciones. Este acoplador utiliza la técnica de línea de microcinta con un coeficiente de acoplamiento de 30 dB, impedancia característica de 50 Ω y una frecuencia de 2,4 GHz. Debido a los altos costos de dispositivos requeridos en telecomunicaciones, es necesario suplirlos mediante su elaboración, con materiales de bajo costo. Se realizaron los respectivos cálculos matemáticos y fueron contrastados con el software de simulación *Advanced Design System* (ADS), adicionalmente se empleó un Analizador Vectorial de Redes (VNA) donde se caracterizaron las mediciones para su análisis. El desarrollo de este dispositivo permitirá al estudiante trabajar en su propio circuito y validar sus conocimientos, de tal forma que, su aprendizaje se complemente mediante esta experiencia. Por último, se muestran las gráficas obtenidas de los parámetros S; así como los valores porcentuales de error, tanto simulados como prácticos.

Palabras claves: frecuencia, acoplador, microcinta, VNA, ADS.

Manufacture of a three-sectional directional coupler for use in a low-cost laboratory

***Abstract*:** This research proposes the design, simulation and implementation of a three-section directional coupler. This coupler uses the microstrip line technique with a coupling coefficient of 30 dB, a characteristic impedance of 50 Ω and a frequency of 2.4 GHz. Due to the high costs of devices required in telecommunications, it is necessary to supply them through its development, with low-cost materials. The respective mathematical calculations were made and contrasted with the Advanced Design System (ADS) simulation software, additionally a Vector Network Analyzer (VNA) was used where the measurements were characterized for analysis. The development of this device will allow the student to work in his own circuit and validate his knowledge, in such a way that his learning is complemented by this experience. Finally, the graphs obtained from the S parameters are shown, as well as the percentage error values, both simulated and practical.

***Keywords*:** frequency, coupler, microstrip, VNA, ADS

1. Introducción

Los estudiantes rara vez son capaces de fabricar circuitos electrónicos en un entorno universitario debido al alto costo o la falta de facilidades. Esto especialmente en el caso de los circuitos de microcinta. Como resultado, los estudiantes a menudo siguen ignorando muchas cuestiones relacionadas con la realización de estos dispositivos. Por ejemplo, los pasos del proceso de fabricación pueden influir en el comportamiento de los circuitos, por lo que es importante brindar a los estudiantes algo de experiencia en la realización y evaluación de exámenes sus propios circuitos y sean ellos quienes diseñen, construyan y prueben sus propios circuitos. De tal manera que lleguen a verificar que las teorías y ecuaciones usadas en la clase son físicamente significativas (York, 1989).

Por lo expuesto se propone la implementación de un acoplador direccional de tres secciones, cuyo proceso comprende el diseño teórico, la optimización mediante un programa de simulación, la fabricación y la caracterización con un analizador de redes vectoriales (VNA), que corresponde a un ejercicio completo de ingeniería con una componente importante de investigación. Ya que como menciona (York & Compton, 1989) , aprender a realizar mediciones en el laboratorio es un aspecto importante en la formación de los estudiantes de ingeniería.

Con esto se pretende que más adelante, los estudiantes, puedan desarrollar otro tipo de dispositivos de microondas y antenas, los cuales puedan formar parte de un laboratorio de bajo costo para la Carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel, mismo que al momento la institución no posee y cuyo punto de partida se ve reflejado en este trabajo de investigación.

El documento se encuentra organizado de la siguiente manera: la sección 2 presenta el estado del arte con proyectos similares implementados, la sección 3 contempla la metodología empleada donde se muestra los parámetros de diseño, cálculos realizados y simulaciones, la sección 4 describe los resultados obtenidos en esta investigación y finalmente la sección 5 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2. Estado del arte

A continuación se citan investigaciones anteriores en torno al diseño de los acopladores direccionales, es así que por ejemplo se menciona a (Donadio, 2013) el cual realizó un "acoplador direccional con una sola sección", a una frecuencia de 1.5 GHz, con un factor de acoplamiento de 20 dB y una impedancia característica de 50 Ω, en este proyecto se evidencia también la utilización del software *Quite Universal Circuit Simulator* (QUCS) para poder realizar la simulación teórica del diseño del acoplador, sumado a esto la medición del acoplador implementado se lo realizó con un equipo Analizador Vectorial de Redes disponible en el laboratorio de la institución.

Por otro lado se considera lo realizado por (Bastidas, 2014) los cuales realizaron un "acoplador direccional de tres secciones", con los siguientes parámetros, la frecuencia de trabajo es de 2.4 GHz, con un factor de acoplamiento de 30 dB y una impedancia característica de 50 Ω, la simulación se lo realizo con los software *Advanced Design System* (ADS) y *Ansoft Designer*, en este proyecto para la medición se realizó una

interfaz HMI con la ayuda de una aplicación dentro del software Matlab para poder relacionar el instrumento de medición del laboratorio y la PC.

Y finalmente el proyecto realizado por (Fiallos Silva, 2016) quien menciona que el acoplador direccional realizado se base en las siguientes especificaciones, factor de acoplamiento de 30 dB, impedancia característica de 50 Ω, en este caso las frecuencias características van a ser de 4 y 6 GHz, la simulación teórica se realizó con el software *Advanced Design System* (ADS), para este proyecto ya se utilizó un analizador vectorial de redes portátil (N9918A - *Vector Network Analyzer, Handheld*, 30kHz to 26.5GHz), en este caso el equipo tiene un valor en el mercado de USD 24.600,00 aproximadamente (Newark, an avnet company, 2019), este equipo al ser portátil (Solutions, 2014), agilita considerablemente el tiempo en realizar y confirmar las practicas. Sin embargo, como se expuso anteriormente y considerando que este va a ser para un laboratorio de bajo costo este equipo tiene un valor muy alto.

3. Metodología

El proceso de fabricación del acoplador direccional de tres secciones contempla la etapa de identificación; en donde se plantean las especificaciones técnicas de dispositivo. Posterior a ello, se determinan en función de modelos matemáticos, los parámetros de acoplamiento, directividad y aislamiento; basados en la matriz de parámetros S y la potencia de entrada.

Mediante el software *Advanced Design System* (ADS), se validan los cálculos realizados; así también, se determinan las dimensiones de las tres secciones del acoplador. A continuación, el software permite realizar una simulación con todos los parámetros obtenidos. Estos resultados se plasman sobre una tarjeta de circuito impreso (PCB), que después de un proceso de grabado *Etching* PCB, se consigue un dispositivo que posee dos caras de cobre divididas por un sustrato de fibra de vidrio, una de las caras tiene a sus extremos cuatro puertos y la cara posterior un punto común, listos para la instalación de los conectores SMA.

Finalmente, en su etapa de pruebas se emplea el Analizador Vectorial de Redes (VNA), con el cual, se realizan las mediciones sobre cada uno de los puertos y se contrastan con los resultados de los cálculos, esto determina el margen porcentual de error; así como, la eficiencia del acoplador.

3.1. Parámetros de diseño

Para este diseño se asumió una impedancia Z_o = 50 Ω, ya que los materiales a utilizar en este acoplador como son los conectores SMA, el cable coaxial, carga fantasma, mantienen como impedancia característica dicho valor (webcindario, 2005). El siguiente parámetro importante es el factor de acoplamiento de 30 dB cuyo valor es considerado debido a que con este las pérdidas de inserción son mucho más bajas como lo explica en el documento de (Baldini, Barneto, Minnock, & Paciotti, 2013). Para el desarrollo de este acoplador se ha considerado diseñarlo para una frecuencia de operación de 2.4 GHz, debido a que esta frecuencia posee mayor aplicación en transmisión de datos a nivel de redes inalámbricas (Bibing).

Estos parámetros se encuentran resumidos en la Tabla 1.

Aspecto	Parámetro	Unidad
Coeficiente de acoplamiento	30	dB
Impedancia Característica	50	Ω
Frecuencia	2,4	GHz
Secciones	3	uni

Tabla 1 – Parámetros del acoplador direccional

3.2. Cálculos

Para la implementación de este acoplador se utiliza una placa de circuito impreso (PCB), esta placa está constituida por una superficie de material conductor sobre una base no conductora, de tal forma que el producto final entregue caminos conductores de cobre donde se pueden incluir dispositivos electrónicos, todos estos sobre una base fabricada generalmente de resina de fibra de vidrio reforzada conocida como FR4 (Isola, 2012), la cual se eligió por su bajo costo y disponibilidad.

Las características de la placa que son necesarias para los cálculos, se detallan en la Tabla 2.

Parámetro	Valor / Unidad
La constante dieléctrica (Ɛr)	3.36
Espesor (H)	1.6 mm
Tangente de pérdidas (tan δ)	0.006
Mur (Permeabilidad relativa)	1
Cond (Conductividad del metal)	4.1e7
Hu (Altura superior de la armadura)	3.9e+34 mil
T (Grosor de la capa conductora)	0.150 mil
Rough (Aspereza de la superficie del conductor) (se asume como despreciable)	0 mm

Tabla 2 – Parámetros del sustrato FR4 (Isola, 2012)

Para el cálculo de la longitud eléctrica utilizamos la siguiente ecuación, además hay que considerar que el acoplador trabaja en λ/4 por consiguiente.

$$\theta = \beta * l \tag{1}$$

La Ecuación (1) propuesta por (Prieto, 2009), representa la Longitud eléctrica Θ, β la constante de propagación y l la longitud física.

Donde se tiene que:

$$l = \frac{\lambda_g}{4} \tag{2}$$

La Ecuación (2) propuesta por (Prieto, 2009), λ_g representa la longitud de onda guiada.

La Ecuación (3) propuesta por (Prieto, 2009), muestra el cálculo de la constante de propagación β

$$\beta = \frac{2*\pi}{\lambda_g} \tag{3}$$

Reemplazando (2) y (3) en (1)

$$\theta = \frac{2*\pi}{\lambda_g} * \frac{\lambda_g}{4}$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$\theta = \mathbf{90°}$$

Generalmente el acoplador se lo desarrolla de manera simétrica de modo que se puede decir que:

$$C_1 = C_N\,,\ C_2 = C_{N-1}\,,\ C_3 = C_{N-2}\,,\ldots \tag{4}$$

La Ecuación (4) propuesta por (Prieto, 2009), muestra C_n que representa el coeficiente de acoplamiento y n el número de secciones, que debe ser impar.

Considerando que son 3 secciones definidas para el proyecto, entonces se tienen los siguientes resultados:

$$C_1 = C_3\,, \qquad C_2 = C_{3-1}\,, \qquad C_3 = C_{3-2}$$

$$\boldsymbol{C_1 = C_3\,, \qquad C_2 = C_2\,, \qquad C_3 = C_1}$$

Para que la respuesta del acoplador sea en lo posible plana es necesario que:

$$\frac{d^n}{d\theta^n} C\theta \;|_{\theta=\frac{\pi}{2}} = 0\,, \quad para\ n = 1, 2$$

Como:

$$C = \left|\frac{V_3}{V_1}\right| = \left|2\sin\theta\ \left[C_1\cos 2\theta + \frac{\pi}{2}C_2\right]\right|_{\theta=\frac{\pi}{2}}$$

$$C = \ |C_1(\sin 3\theta - \sin\theta) + C_2\sin\theta|_{\ \theta=\frac{\pi}{2}}$$

$$C = |C_1 \sin 3\theta \ (C_2 - C_1) \sin\theta|_{\theta=\frac{\pi}{2}}$$

$$\boldsymbol{C = C_2 - 2C_1} \tag{5}$$

La Ecuación (5) propuesta por (Prieto, 2009), muestra el coeficiente de acoplamiento
Partiendo de:

$$\frac{dC}{d\theta} = |[3C_1 \cos 3\theta + (C_2 - C_1)\cos\theta]|_{\theta=\frac{\pi}{2}} = 0$$

Entonces:

$$\frac{d^2C}{d\theta^2} = |[-9C_1 \sin 3\theta - (C_2 - C_1)\sin\theta]|_{\theta=\frac{\pi}{2}} = 0$$

$$C = 10C_1 - C_2 = 0$$

$$\boldsymbol{10C_1 - C_2 = 0} \tag{6}$$

Resolviendo la ecuación (6) tenemos que:
Partiendo de:

$$C = 30\ dB$$

$$C = 10^{-30/20}$$

$$\boldsymbol{C = 0.0316}$$

Tenemos:

$C = C_2 - 2C_1$

$$\boldsymbol{C_2 - 2C_1 = 0.0316} \tag{7}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones entre (6) y (7) tenemos lo siguiente.

$C_1 = C_3 = 3.9528 * 10^{-3}$

$C_1 = C_3 = 20\log 3.9528 * 10^{-3}$

$\boldsymbol{C_1 = C_3 = 48.06\ dB}$

$C_2 = 0.0395$

$C_2 = 20\log 0.0395$

C 28.06 *dB*

Las impedancias en modo par e impar son las impedancias características del modo de propagación antes mencionado, siendo Z_{0e} modo par y Z_{oo} modo impar, los mismos que servirán para las tres secciones, y se obtienen para cada una de ellas, se detallan a continuación las ecuaciones que ayudarán al cálculo de éstas.

Sabiendo que la seccion 1 y la seccion 2 son iguales entonces.

Calculo de la impedancia caracteristica de cada seccion modo par:

$$Z_{oe1} = Z_{oe3} = Z_0\sqrt{\frac{1+C_1}{1-C_1}} \tag{8}$$

La Ecuación (8) propuesta por (Prieto, 2009), muestra Impedancia característica modo impar

Cálculo de la impedancia caracteristica de cada sección modo impar:

$$Z_{oo1} = Z_{oe3} = Z_0\sqrt{\frac{1-C_1}{1+C_1}} \tag{9}$$

La Ecuación (9) propuesta por (Prieto, 2009), muestra Impedancia característica modo par

Los datos obtenidos se encuentran resumidos en la Tabla 3.

Aspecto	Unidad	Sección 1	Sección 2	Sección 3
Coeficiente de acoplamiento (C)	dB	48,06	28,06	48,06
Impedancia Característica modo par (Zoe)	Ω	50,198032	52,01707773	50,198032
Impedancia Característica modo impar (Zoo)	Ω	49,80274673	48,06113894	49,80274673
Longitud eléctrica (θ)	rad (°)	90	90	90

Tabla 3 – Parámetros de cada sección del acoplador direccional

Para calcular las dimensiones de las tres secciones del acoplador utilizamos la aplicación de LineCalc del software *Advanced Design System* (ADS), el cual requiere de datos previamente calculados y definidos, considerados en las tablas 1,2 y 3.

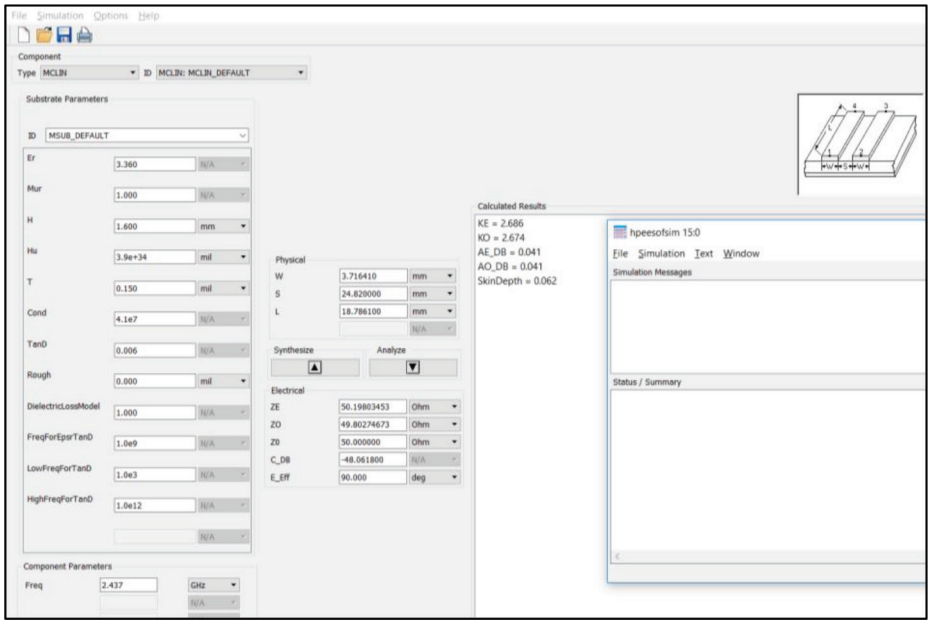


Figura 1 – Cálculo con herramienta Linecalc sección 1 y 3

Una vez que se ingresan los datos correspondientes en la aplicación LineCalc se procede a presionar el icono sintetizar, al realizar este paso se obtiene las dimensiones de cada sección definidas con las letras W, S, L, las cuales indican el ancho (W), la longitud (L) de la línea y por último el espacio entre las líneas (W), los datos resultantes de este proceso se visualizan en la Tabla 4.

Sección	**Espacio entre las secciones (S) mm**	**Anchura (W) mm**	**Longitud (L) mm**
Sección 1	24,820000	3,716410	18,786100
Sección 2	4,576770	3,724006	18,853000
Sección 3	24,820000	3,716410	18,786100

Tabla 4 – Dimensiones de cada sección del acoplador direccional

3.3. Simulación del acoplador direccional con el uso del software *Advanced Design System* (ADS)

Con los datos obtenidos de las dimensiones de cada una de las 3 secciones se procede a simular mediante el software *Advanced Design System* (ADS), a continuación, se detalla paso a paso el procedimiento.

1. Elegir el tipo de sustrato a utilizar buscando en las opciones MSub e ingresar sus características como lo indica la Tabla 2.

2. Definir los parámetros en los cuales van a ser evaluados mediante el icono S_ Param.
3. Insertar el icono Term una para cada puerto del acoplador, el mismo que trabajará a 50Ω de impedancia característica, todos estos estarán conectados a tierra.
4. Insertar las tres secciones, en este caso, denominado como MCLIN, se ubica según el diseño planteado, ingresar sus parámetros según la Tabla 3, unir las tres secciones entre sí y hacia los terminales Term.

A continuación, se observa en la Figura 2 el esquema final diseñado en el software *Advanced Design System* (ADS).

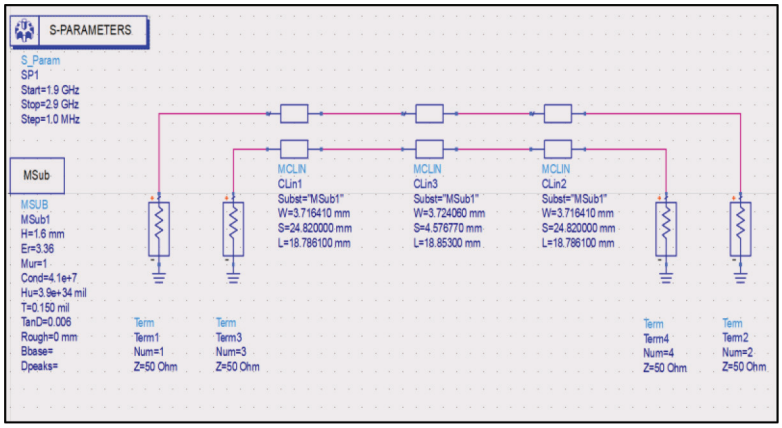


Figura 2 – Esquema del acoplador direccional de tres secciones.

En la siguiente gráfica se puede observar un ejemplo de la respuesta del módulo en dB correspondientes a los parámetros S del dispositivo simulado, se considera que se incide por el puerto número 1.

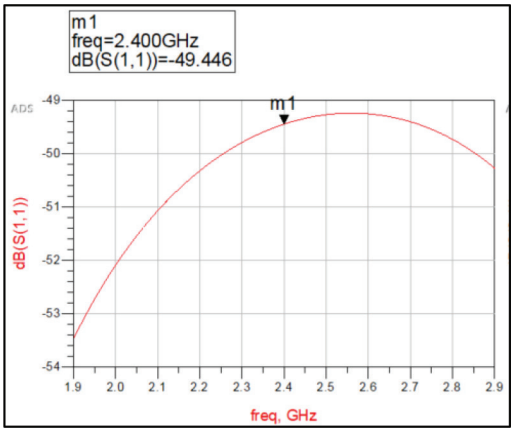


Figura 3 – Medida del módulo en dB del parámetro S11.

3.4. Elaboración del circuito impreso

Para llevar a cabo el circuito impreso se utiliza una película foto resistiva seca y luz UV que sirve para copiar el modelo que se desea en una lámina de cobre (baquelita).

Lo primero que se debe hacer es graficar un esquema de caminos basado en las dimensiones que dieron como resultado en el cálculo teórico realizado.

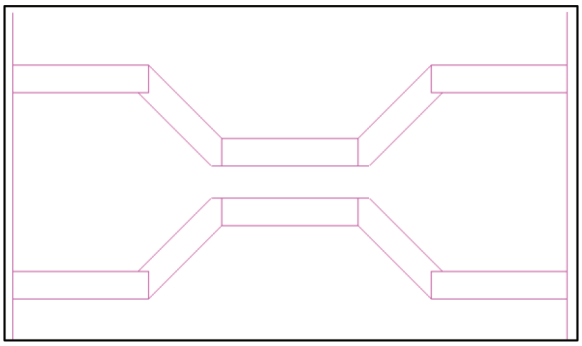


Figura 4 – Esquema de dimensiones obtenidas.

Como segundo paso se realiza la impresión del modelo que se ha diseñado en una hoja de acetato. Es importante realizar la impresión en una impresora láser para una óptima calidad de impresión.

Una vez expuesto el sistema a la luz, se revela en el material foto resistiva todas las partes que no se desea. De esta manera se plasma el patrón o modelo de acetato sobre la lámina de cobre.

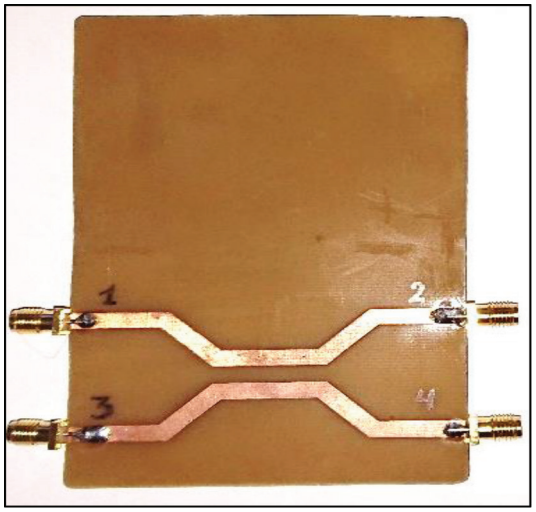


Figura 5 – Prototipo de acoplador direccional con los SMA.

A continuación, se cubre el lado posterior de la placa de cobre y se sumerge el sistema elaborado en percloruro férrico el cual ayuda a remover todas las partes de cobre que ha quedado expuesta, los residuos que sobren se los puede retirar con acetona

Se concluye la elaboración del prototipo en base a todas las mediciones, después de esta fase se procede a soldar los conectores SMA tipo hembra los cuales tienen una impedancia característica de 50 ohmios y soportan una frecuencia máxima de 33 GHz, estos son utilizados especialmente para señales microondas.

3.5. Pruebas de funcionamiento en el Analizador Vectorial de Redes (VNA)

Esta etapa es la más importante y fundamental del proyecto ya que se verifica la señal que se está produciendo en el acoplador y la frecuencia a la que está trabajando, si los parámetros S o parámetros de dispersión y la resonancia del acoplador no se asemejan a los simulados, se tienen que realizar las debidas correcciones ya sea en las mediciones o cálculos para el diseño.

Si bien, los resultados de los parámetros S en los trabajos de (Bastidas, 2014) y (Bernal, 2012), se los realiza a través de un software de simulación y posteriormente para las pruebas se emplean dos equipos, un generador de funciones y un analizador de espectros. El presente trabajo, utiliza para la medición de los parámetros S, un analizador vectorial de redes, este instrumento de medida tiene la capacidad de evaluar las propiedades de reflexión sobre una señal de entrada, a su salida entrega valores de pérdidas y coeficiente en dB; por lo tanto, los resultados tienen mayor precisión dentro de la elaboración de dispositivos para radiofrecuencia.

Se procede con las mediciones en cada uno de los puertos, logrando así obtener las siguientes resultantes:

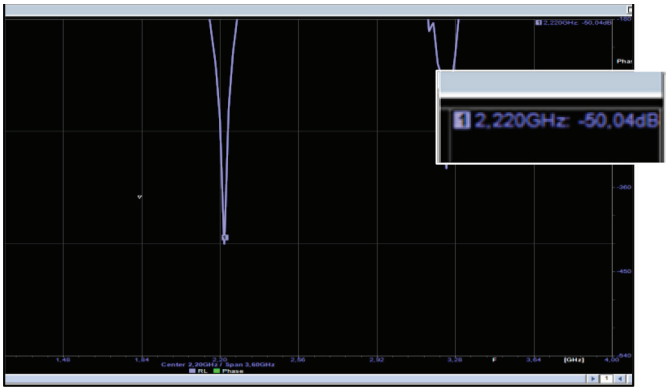


Figura 6 – Parámetro S11 VNA.

De la Figura 6 se puede deducir que a una frecuencia de 2.2 GHz, se encuentra una adaptación de -50.04 dB, al transformar a una medida adimensional, el resultado es 0.0031, este valor es muy cercano a cero lo cual indica que las pérdidas de retorno son 0

dB, dado que el valor de la adaptación; no tiene una coincidencia perfecta respecto a la impedancia del acoplador.

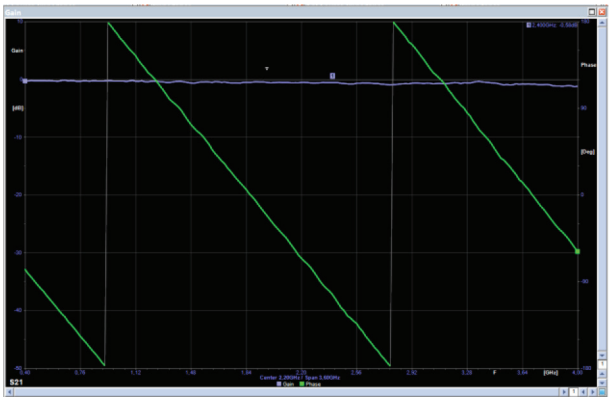


Figura 7 - Parámetro S21 VNA

La Figura 7, resultante del parámetro S21, se puede deducir que a 2.4 GHz se encuentra un coeficiente de -0.58 dB, al transformar a una medida adimensional el resultado es 0.935, se concluye que cuando más cercano este a 1 el dispositivo no pierde mucha potencia.

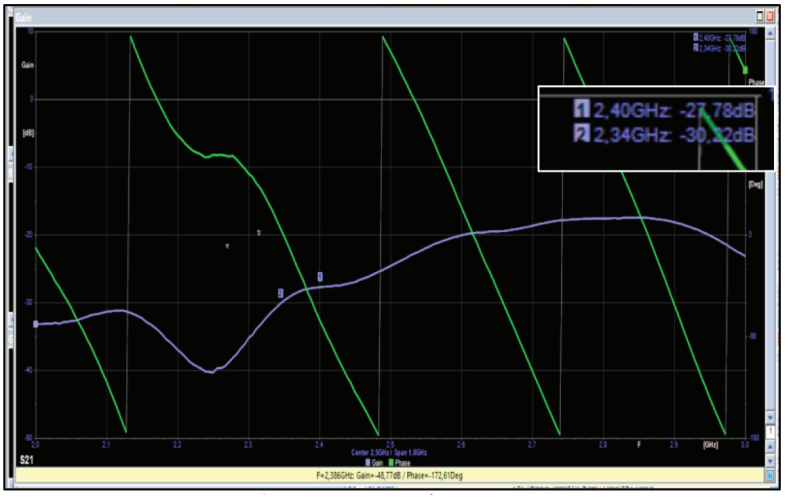


Figura 8 – Parámetro S31 VNA.

En la Figura 8, resultante del parámetro S 31, se interpreta que a una frecuencia de 2.3 GHz se obtiene un resultado de -30.22 dB, considerando que el parámetro inicial del dispositivo es de 30 dB, se concluye que el dispositivo tiene un buen nivel de acoplamiento.

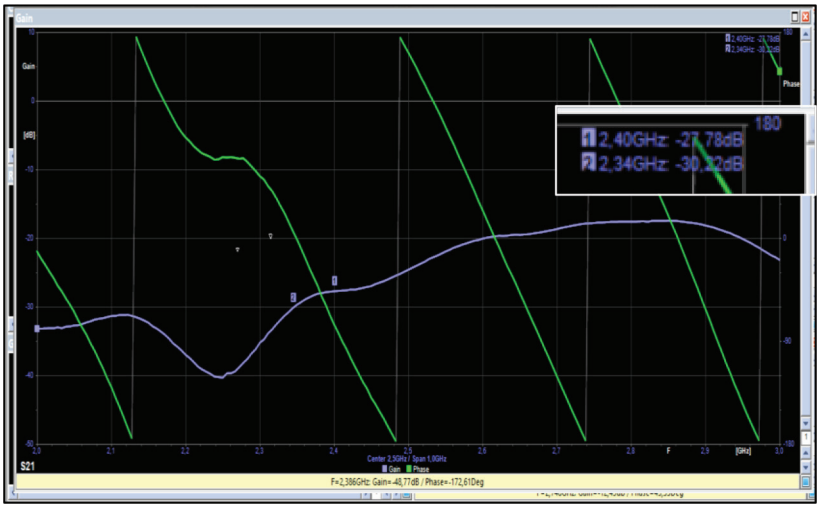


Figura 9 – Parámetro S41 VNA

Por ultimo en la Figura 9, resultante del parámetro S41, se encuentra que a una frecuencia de 2.4 GHz el coeficiente tiene un valor de -27.78 dB, al transformar a un valor adimensional el resultado es de 0.0408, por lo tanto, al estar más cercano a cero se concluye que el dispositivo tiene un buen nivel de acoplamiento; es decir, no aísla mucha potencia.

5. Resultados

El parámetro S11, tiene un valor adimensional de 0.0034 en el simulador, mientras que en el práctico es 0.0031, considerando que es mejor cuando se acerca más a cero, entonces este dispositivo no refleja mucha potencia, además el error porcentual es de 0.34% y 0.31% respectivamente.

El parámetro S21, tiene un valor adimensional de 0.9963 en el simulador, mientras que en el práctico es 0.9354, considerando que es mejor cuando se acerca más a uno, entonces este dispositivo no pierde mucha potencia, el porcentaje de error es de 0.37% y 6.46% respectivamente.

El parámetro S31, presenta un valor simulado de 30.162 dB mientras que en el práctico es 30.22 dB, este parámetro se considera mejor cuando es mas cercano a 30 dB que constituye el parámetro de diseño, por lo tanto posee un buen nivel de acoplamiento, el porcentaje de error es de 0.54% y 0.73% respectivamente .

El parámetro S41, tiene un valor adimensional de 0.0336 mientras que en el práctico es 0.0408, considerando que es mejor cuando se acerca más a cero, entonces se tiene un buen nivel de desacoplamiento, el porcentaje de error es de 3.36% y 4.08% respectivamente.

Al establecer un comparativa entre los resultados obtenidos por y las mediciones del presente trabajo, se aprecia que; en el primer caso, a la entrada S11 se tiene una potencia de 0 dBm,

por otra parte el VNA registra pérdidas de retorno de 0 dB. Para el puerto S21, se referencia una potencia de -1.7 dBm; mientras que, el VNA registra un coeficiente de -0.58 dB.

En los puertos S31 y S41, (Bastidas, 2014) obtiene valores de -29.56 y -31.03 dBm respectivamente; cuya diferencia es de 1.47 dB, no obstante el VNA mide valores de pérdida de entre -27.78 y – 27.86 dB, con una diferencia de 0.08 dB. Los valores de los puertos S31 se aproximan al valor planteado de -30dB, y al mantener diferecias tan bajas entre puertos S31 y S41, se determina que el nivel de aislamiento es casi ideal, es decir no existen desadaptaciones en los puertos. Por lo tanto, se establecen que, ambos dispositivos fabricados, poseen condiciones para su operación y funcionamiento, dentro de una aplicación de radiofrecuencia.

Considerando los valores porcentuales de error en cada uno de los puertos, tanto teoricos como prácticos, se determina que existe un error promedio de 1.15% en la simulacion teórica, mientras que en la implementacion práctica el 2.9%.

Dentro del ambiente de laboratorio de bajo costo, el acoplador se suma a un conjunto de dispositivos de microondas y antenas que servirán de referencia tanto para proyectos de diseño similares, que podrían ser realizados por estudiantes e investigadores, como en el aula en clases demostrativas para la enseñanza de los principales contenidos de la asignatura.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Se llegaron a definir los parámetros y principio de funcionamiento de un acoplador direccional de tres secciones, se interpretaron los parámetros S, además de determinar la forma en que actúa un acoplador direccional según valores previamente establecidos e investigados para el desarrollo físico del prototipo y su modelo de transmisión.

Se ha elaborado un acoplador direccional de tres secciones para señales a 2.4 GHz, demostrando que se puede aplicar satisfactoriamente los métodos de diseño en el software *Advanced Design System* (ADS), para su elaboración en línea de microcinta, lo cual permitió obtener una gran precisión, exactitud y confiabilidad en el diseño e implementación del acoplador direccional y con un Analizador Vectorial de Redes (VNA) para comprobar que la señal de frecuencia, resonancia y atenuación sean las adecuadas, se logró la optimización del diseño realizado estableciendo las dimensiones físicas aproximadas a la realidad que tendrá el prototipo implementado.

Para la implementación del acoplador direccional de tres secciones y con el fin de ser más técnica su elaboración, se utilizaron circuitos impresos, que ayudaron a obtener un dispositivo con mayor permitividad eléctrica, logrando así que el acoplador sea mucho mejor que al realizarlo con cinta de cobre.

El desarrollo de este dispositivo permite al estudiante trabajar en su propio circuito y validar sus conocimientos, logrando así que su aprendizaje sea significativo y se complemente mediante esta experiencia.

Esta implementación representa el punto de partida para que más adelante se puedan desarrollar otro tipo de dispositivos tales como filtros usando *stubs*, del tipo *stepped impedance*, de líneas acopladas (Pozar, 2012); acopladores híbridos *branch lines*,

divisores de potencia, redes de adaptación, mezcladores (Pozar, 2012), y antenas de microcinta rectangulares, con polarización lineal o circular (Balanis, n.d.), de perímetro regular o fractal, PIFAs, IFAs (Zhang, 2017), *meander line antennas* (Chen & Peng, 2011), entre otros. Todos estos dispositivos podrían ser ampliamente documentados y formar parte de un trabajo de investigación, así como complemento para uso y medición en un laboratorio de bajo costo para la Universidad Tecnológica Israel.

Referencias

Balanis, C. A. (2005). Antenna theory. analysis and design. John Wiley & Sons, Inc.

Chen, I.-F., y Peng, C.-M. (2011). Compact modified pentaband meander-line antenna for mobile handsets applications. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 10, 607-610.

Baldini, D., Barneto, M., Minnock, D., & Paciotti, D. (2013, octubre). *Implementación y caracterización de un acoplador*. Retrieved from http://www.electron.frba.utn.edu.ar/upload/Materias/95-0458/Proyectos/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20un%20acoplador%20direccional%20SMD%20-%202013.pdf

Bastidas, H. (2014). *Diseño de un acoplador direccional de microlinea de tres secciones para banda 2.4 GHz con HMI a la PC*. Retrieved from Diseño de un acoplador direccional de microlinea de tres secciones para banda 2.4 GHz con HMI a la PC: https://docplayer.es/15697996-Diseno-y-construccion-de-un-acoplador-direccional-microstrip-de-tres-secciones-para-la-banda-de-2-4-ghz-con-hmi-a-la-pc.html

Bibing. (n.d.). *REDES INALÁMBRICAS DE AREA LOCAL (WLAN)*. Retrieved from http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11761/fichero/Volumen1%252F7-Cap%C3%ADtulo3+-+Redes+inal%C3%A1mbricas+de+%C3%A1rea+local+%28WLAN%29.pdf+

Donadio, O. (Diciembre de 2013). *ACOPLADOR DIRECCIONAL DE MICROONDAS*. Obtenido de ACOPLADOR DIRECCIONAL DE MICROONDAS: http://www.electron.frba.utn.edu.ar/upload/Materias/95-0458/Proyectos/Acoplador%20Bidireccional%2020%20dB%20-%201.5%20GHz%20-%202013.pdf

Falcon, J. (2013, Octubre). *MÉTODO ANALÍTICO-SINTÉTICO*. Retrieved from MÉTODO ANALÍTICO-SINTÉTICO: https://prezi.com/aj7ol61na2bb/metodo-analitico-sintetico/

Fiallos Silva, C. I. (2016). *Diseño y construcción de acopladores de líneas acopladas, usando tecnología MICROSTRIP en banda C de múltiples secciones*. Retrieved from Diseño y construcción de acopladores de líneas acopladas, usando tecnología MICROSTRIP en banda C de múltiples secciones: http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12009

Hurtado, A. (2008, Febrero 21). *La Investigación Proyectiva*. Retrieved from La Investigación Proyectiva: http://investigacionholistica.blogspot.com/2008/02/la-investigacin-proyectiva.html

Isola. (2012). *FR 4 High performance*. Retrieved from http://www.prototron.com/documents/materials/FR408.pdf

Jiménez, A. (2019). *Metodo Analitico y Sintético*. Retrieved from Metodo Analitico y Sintético: https://www.academia.edu/16835717/Metodo_analitico_y_sintetico

Newark, an avnet company. (2019). Retrieved from Newark, an avnet company: https://www.newark.com/keysight-technologies/n9918a/microwave-combination-analyzer/dp/07W8145

Pozar, D. M. (2012). *Microwave Engineering*. United States of America: John Wiley & Sons.

Prieto, A. (2009). *Diseño de acopladores Direccionales de Microondas para matrices Butler*. Retrieved from http://hdl.handle.net/10486/9984

Ruiz Palacios, J. (2014). *MÉTODO DEMOSTRATIVO*. Retrieved from MÉTODO DEMOSTRATIVO: https://prezi.com/bxx7xsvcqb5g/metodo-demostrativo

Solutions, T. E. (2014). *Datasheet*. Retrieved from http://www.testequipmenthq.com/datasheets/Agilent-N9918A-Datasheet.pdf

webcindario. (2005). *Cables y conectores de antenas*. Retrieved from http://cayro.webcindario.com/wifi/Cable.htm

York, &. C. (1989). *New methods in the practice of microwave engineering education. Proceedings Frontiers in Education Conference, 164–166*. Retrieved from https://doi.org/10.1109/FIE.1989.69394

Zhang, Z. (2017). *Antenna design for mobile devices*. John Wiley & Sons Singapore: Pte. Ltd.

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

Recebido/Submission: 29/09/2019
Aceitação/Acceptance: 07/11/2019

Evaluación de Técnicas de Extracción de Características Orientado a la Clasificación de Señales Sísmico-volcánicas del Volcán Nevado del Ruiz

Yoiner Erazo Bravo[1], Edison Rosero Narváez[1], Paola Castro Cabrera[2], John Londoño Bonilla[3], Diego Peluffo Ordoñez[4,5]

yoinererazo@gmail.com, edison.grn@gmail.com, paolacastro09@gmail.com, jmakario@sgc.gov.co, diego.peluffo@sdas-group.com

[1] Universidad de Nariño, Departamento de Ingeniería Electrónica, Ciudad Universitaria Torobajo – Calle 18 No. 50-02, 520002, Pasto, Colombia.

[2] Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, km 7 vía al Magdalena, 170003, Manizales, Colombia.

[3]Servicio Geológico Colombiano, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, Av. 12 de Octubre No. 15 – 47, 170001, Manizales, Colombia.

[4]Universidad Yachay Tech, San Miguel de Urcuquí - Hacienda San José s/n, 100650, Yachay, Ecuador.

[5]Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Cra 28 #19-24, 520002, Pasto, Colombia.

Pages: 147–158

Resumen: Actualmente, se han llevado a cabo investigaciones sobre la clasificación automática de eventos sísmico-volcánicos, basados principalmente en técnicas de aprendizaje automático, con el objetivo de identificar la naturaleza del evento registrado. En este artículo, se han introducido varios enfoques. Sin embargo, debido a la variabilidad de estas señales, todavía no existe un método concluyente de caracterización, y de hecho es un problema de investigación abierto y desafiante. En este trabajo, se desarrolla una metodología para comparar las técnicas de extracción de características con el objetivo de discriminar los eventos sísmicos de origen volcánico. Se utiliza la representación de las señales en el dominio del tiempo, frecuencia, frecuencia de tiempo y Cepstral. El conjunto de atributos se optimiza seleccionando características mediante la asignación de pesos. Una clasificación supervisada se ejecuta utilizando registros conocidos. Finalmente, se obtienen medidas de rendimiento de clasificación para determinar el subconjunto de características que mejor representan y discriminan las señales.

Palabras-clave: Caracterización, Cepstral, Clasificación, Machine Learning, Sísmico-volcánicas.

Evaluation of Characterization Techniques for Classification of Seismic-Volcanic Signals of the Nevado del Ruiz

Abstract: Currently, researches have been carried out on automatic classification of seismic-volcanic events -mainly based on machine learning techniques- aimed at identifying the nature of the recorded event. In this sense, several approaches have been introduced. Nonetheless, due to these signals' variability, there is no still a conclusive method of characterization, and it is in fact an open and challenging research problem. In this work, a methodology for comparing features extraction techniques is developed aimed at the discrimination of seismic events of volcanic origin. Representation of the signals in the domain of time, frequency, time-frequency and Cepstral is used. The set of attributes is optimized by selecting characteristics by assigning weights. A supervised classification is executed using known records. Finally, classification performance measures were obtained to determine the subset of characteristics that best represent and discriminate the signals.

Keywords*:* Characterization, Cepstral, Classification, Machine Learning, Seismic-volcanic.

1. Introducción

Un volcán activo representa un riesgo potencial para las poblaciones cercanas, por esta razón, es necesario e importante una vigilancia continua y en tiempo real con el propósito de declarar alertas tempranas de riesgo para la humanidad (Hibert, 2017). Generalmente, el estudio de la sismicidad volcánica es la principal herramienta de monitoreo, dado que el análisis de las diferentes señales sísmico-volcánicas aporta información significativa de los acontecimientos al interior y fuera del edificio volcánico (Malfante, Dalla & Metaxion, 2018). El monitoreo volcánico, a menudo, se lleva a término con la implementación de estaciones sísmicas y observatorios, siendo las primeras las encargadas en detectar, registrar y, posteriormente, trasmitir los datos. Una estación sísmica registra cientos de eventos sísmicos al día de un volcán que esté presentando una alteración en su actividad (Thompson, 2015). La cantidad de información de la actividad sísmica de un volcán hace que su procesamiento en los observatorios no se ejecute con rapidez, debido a que éste es realizado manualmente por analistas expertos (Hibert 2017). Basados en su experiencia, bus-can aspectos como: cambio en la velocidad, tamaño, forma de onda, duración, localización, entre otros, con el propósito de describir el evento volcánico. Siendo, entonces, de gran importancia el aprovechamiento de la información proveniente del volcán, se ve necesario implementar métodos automáticos con el objetivo de procesar y clasificar las señales sísmicas, ya sea de manera autónoma o en conjunto con los expertos de los observatorios.

En la literatura se evidencian varias investigaciones que contribuyen a la automatización de la identificación y clasificación de sismos volcánicos, que pueden facilitar y agilizar el procesamiento de los datos, aunque el rendimiento entre ellas es altamente variable. Autores muestran diversos enfoques en aprendizaje automático usando técnicas como las redes neuronales artificiales (ANN, Artificial Neural Networks). En (Ibs-von, 2008), por ejemplo, usa una ANN simple; estructura que consiste en una entrada, una capa oculta y una salida que devuelve un vector de pertenencia a una clase. Los parámetros que describen las características de cada evento fueron interpretados desde un operador experto, donde se encuentran características como la duración de cada evento, las frecuencias dominantes, la impulsividad de la señal entre otras, obteniendo un rendimiento de clasificación entre el 80% y 95%. Así mismo, Curilem et al, (2014)

y Falsaperla, Graziani, Nunnari & Spampinato, (1996) utilizaron una red neuronal perceptrón multicapa alcanzando sensibilidades entre 89% y 93%, respectivamente.

Por otra parte, Hiber (2017) validó el rendimiento del algoritmo de aprendizaje automático árboles de decisión (RF, Random Forest), para clasificar dos tipos de eventos: volcano-tectónicos (VT) y caída de rocas (Rock-fall), en el volcán Pitón de la Fournaise en Francia. El clasificador se entrena a partir de 60 atributos en los que se en-cuentran forma de onda, características espectrales, seudo-espectrales y polaridad, donde el rendimiento se mantuvo por encima del 90%. Técnicas como los modelos ocultos de Markov (HMM, Hidden Markov Model) se han utilizado en varios estudios como el realizado en el volcán de la isla Decepción en la Antártida (Benítez et al., 2007), alcanzando rendimientos entre 90% y 95%. En las investigaciones de (Curilem et al., 2014 & Malfante, et al., 2018) se trabajó con técnicas de machine learning bajo el algoritmo máquinas de vectores de soporte (SVM, Support Vector Machines) utilizando métodos supervisados alcanzando porcentajes de clasificación entre el 80% y 90%. Otros autores han demostrado que las características espectrales representan mejor los sismos volcánicos, como el trabajo desarrollado por (Falsaperla, et al., 1996). También existen estudios en los que la forma de onda ha resultado ser un atributo altamente discriminante, como en (Curilem et al., 2014). Asimismo, se encuentran investigaciones que muestran una mejor representación usando un conjunto de atributos de diferente naturaleza, como en los trabajos (Malfante, et al., 2018; Hiber, 2017).

Aunque los estudios mencionados muestran una aceptación de los algoritmos de clasificación con respecto a las señales sísmico-volcánicas, es difícil considerar cuál sería la más conveniente, ya que cada estudio sigue una metodología diferente, aplicadas a diferentes bases de datos, donde tienen en cuenta aspectos variables como el número de tipo de eventos a clasificar, el entrenamiento de los clasificadores y la forma de relacionar el vector de características, que es parte fundamental y principal del sistema de clasificación. Lo anterior, demuestra la variabilidad de las señales sísmicas de volcán a volcán, dejando el tema abierto para nuevas investigaciones que puedan acercar a la búsqueda de las características más representativas en las señales trabajadas con el propósito de obtener una buena clasificación.

En este trabajo se desarrolló un sistema de reconocimiento de patrones mediante técnicas de clasificación supervisada, con el objeto de determinar las características más representativas de cada tipo de evento. Se implementaron y compararon técnicas de extracción de características utilizando representaciones en el dominio del tiempo, frecuencia, tiempo-frecuencia y Cepstral. Se utilizó una base de datos que contiene señales sísmicas provenientes del volcán Nevado del Ruiz, segmentadas y clasificadas por expertos del observatorio vulcanológico de Manizales (OVSM), con la que se realizó una clasificación bi-clase, y se evaluó mediante medidas de desempeño tradicionales de clasificación automática.

2. Materiales y métodos

En esta sección se describe el diagrama propuesto para estudiar la efectividad de la caracterización, orientada a la identificación de eventos sísmico-volcánicos, a través de

técnicas de aprendizaje automático. Se realizaron las siguientes etapas: caracterización, selección de características y clasificación, tal como se muestra en la Figura 1.

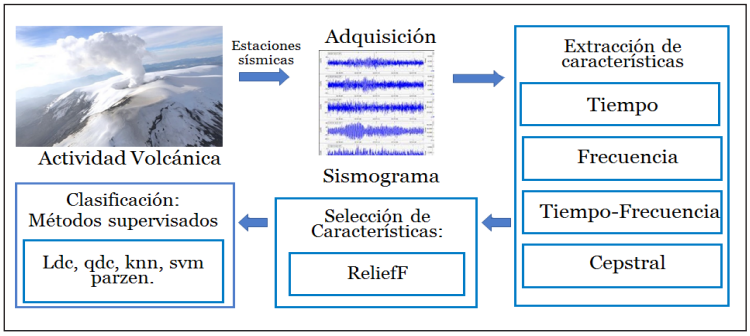


Figura 1 – Metodología aplicada para el reconocimiento de patrones en señales sísmico-volcánicas

2.1. Base de datos

Se trabajó sobre una base de datos facilitada por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales (OVSM), aquí se registró la actividad del volcán Nevado del Ruiz durante el año 2015. Los registros se hacen con las diferentes componentes o ejes del sismómetro, cada eje se identifica como Z (vertical), E (East), y N (North); y según corresponde al nombre de la estación que registró el evento. Para este caso los eventos fueron grabados por 11 estaciones vulcanológicas que según la base de datos tienen las siglas: OLL, TOL, LIS, BIS, ELA, ALF, RC3, CL2, GLA, REB, OC2, en los 3 ejes, de este modo la base de datos original contiene 7081 señales.

Debido a esto hay una gran variedad de señales que no son exactamente iguales, sino replicadas en ejes con diferentes direcciones, por ende, se debía escoger una estación y un eje. En este estudio se eligió la estación Olleta (OLL) y el eje Z, esto fue sugerido por el observatorio sismológico, por lo tanto, la base de datos se redujo a 1871 registros individuales con 7 clases. Estos datos fueron adquiridos con una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Los registros están etiquetados de la siguiente manera: Volcano tectónico (VT), Tremor (TR), Largo periodo (LP), Desprendimiento de hielos (IC), Híbridos (HB), Sismos múltiples (SM), Explosiones (EX). A continuación, en la tabla 1 se muestras la cantidad de señales por cada clase.

Cantidad de registros	Clase
450	VT
450	TR
450	LP
450	IC
56	HB
11	SM
4	EX

Tabla 1 – Número de registros por clase de la base de datos.

Como se observa en la tabla 1, la base de datos no está balanceada debido a que las clases no tienen igual número de registros, por este motivo y para efectos de clasificación se decidió trabajar con las 4 clases que tienen igual número de registros tales como: VT, TR, LP, IC.

2.2. Extracción de características

Las señales sísmicas son señales no estacionarias y transitorias que presentan frecuencias y amplitudes variantes a lo largo del registro. Tratando de encontrar un grupo discriminativo de características, se trabajó técnicas de extracción en diferentes representaciones. Se recopiló de diferentes fuentes investigativas de caracterización de eventos sismo-volcánicos, las características que, de acuerdo a los autores, basados en los experimentos y la experiencia de los científicos de los observatorios son las recomendadas para el tipo de señal trabajada. En este trabajo se presenta un grupo de características en diferentes dominios: tiempo, frecuencia, tiempo-frecuencia y Cepstral. En la tabla 1 se muestra las características extraídas a cada evento, de acuerdo a la representación aplicada, Tiempo, Frecuencia (espectro), Tiempo-Frecuencia (espectrograma), y los coeficientes cepstrales de frecuencias de MEL (MFCC por sus siglas en ingles).

Numero	Tipo	Descripcion
1,...,15 *16,...,21* *22-28* *29,...,32*	Tiempo	• **Estadísticos:** Media, varianza, desviación estándar, mediana, máximo, RMS, entropía de Shannon, Max. / media, curtosis, sesgo, curtosis con la señal filtrada a las siguientes frecuencias [0,1-1Hz], [1-3Hz], [3-10Hz], [10-20Hz], [20-50Hz]. • **Morfológicos:** Duración, tiempo ascendente, envolvente: Max/ media, Max/mediana, curtosis, sesgo. • **Energía:** Energía total, tiempo energía central, energía de la envolvente con la señal filtrada a las siguientes frecuencias [0,1-1Hz], [1-3Hz], [3-10Hz], [10-20Hz], [20-50Hz]. • **Autocorrelación:** Numero de picos, energía en 1/3 y 2/3 de autocorrelación y su relación,
33,...,38 *39,...,41* *42,43* *44,...,48* *49,...,51*	Espectro	• **Estadísticos**: Media, mediana, potencia máxima, frecuencia máxima, varianza, Max/mediana. • **Centroide**, centroide cuartil 1 y 3. • Número de **frecuencias pico** > 75% del valor máximo, mediana frecuencias pico. • **Energía espectral** con la señal filtrada a las siguientes frecuencias [0,1-1Hz], [1-3Hz], [3-10Hz], [10-20Hz], [20-50Hz]. • Distribución **Gammas.**
52,...,55 *56,...,60* *61,62* *63,..,127*	Espectrograma	• **Estadísticos:** curtosis máxima, curtosis mediana, media de (max/media), media(max/mediana). • **Numero de picos:** Máxima, Media, Mediana, relación entre máxima y media, relación entre máxima y mediana • **Distribución:** Máxima – media, máxima – mediana. • **Coeficientes espectrograma**: Valor medio de cada banda de frecuencia con una fft de 128 muestras y una ventana haming de 64 muestras.
128,...,153	Coeficientes Cepstrales de frecuencias de Mel	• **Coeficientes Cepstrales de Mel:** ventana de 4 segundos con desplazamiento de 2 segundos, fft de 512 muestras, banco de filtros triangulares, energía de cada salida del filtro, transformada del coseno, 12 coeficientes, energía y sus deltas.

Tabla 2 – Características extraídas.

2.3. Selección de características

Para eliminar la información redundante de la matriz principal y evitando que el algoritmo de clasificación pierda eficiencia y velocidad, se realizó una selección de características.

El algoritmo de RELIEFF desarrollado por Kira y Rendell en 1992, y modificado por Kononenko en 1994, pondera cada característica de acuerdo con su contribución de Robnik y Kononenko (2003). La ponderación de este algoritmo selecciona una muestra de los datos e identifica la muestra vecina más cercana a la que pertenece y la muestra vecina más cercana que pertenece de clase opuesta. Un cambio en el valor de la característica acompañado de un cambio en la clase conduce a una ponderación del atributo basada en el cambio de atributo podría ser responsable del cambio de clase. Por otro lado, un cambio en el valor del atributo sin ningún cambio en la clase conduce a una ponderación menor del atributo basado en la observación de que el cambio de atributo no tuvo efecto en la clase. Este procedimiento de actualización del peso se realiza para todos los datos. Las actualizaciones de peso se promedian para que el peso final esté en el rango [-1, 1]. Finalmente, para facilitar el análisis de los resultados, se realiza el respectivo ordenamiento de las características con sus respectivos pesos de mayor a menor. La característica con mayor peso representa la característica con mayor relevancia según Roa y Loaiza (2011) dando la oportunidad de experimentar con diferentes grupos de características de acuerdo a su ponderación.

2.4. Clasificación

Desde el punto de partida de los atributos seleccionados, se procede a realizar la clasificación a partir de métodos supervisados; es decir, se tiene en cuenta un conocimiento a priori para determinar si un objeto pertenece a una o a otra. En este trabajo se presentan dos experimentos con el fin de medir el efecto de las técnicas de caracterización en la asignación de etiqueta de clase. Se ejecutó una clasificación bi-clase y una multiclase, empleando una partición del 80% de la base de datos como datos de prueba y el 20% restante para validación.

Se hizo una selección de los clasificadores, definidos en el espacio de características, que mejor generalizaron las técnicas simples de reconocimiento de patrones. Los clasificadores utilizados en este estudio fueron:

- Clasificador normal lineal (LDC)

Este clasificador asume que todas las clases se caracterizan por múltiples distribuciones normales con igual matriz de covarianza S. Partiendo de un problema de dos clases, el clasificador LDC (Tilling, 1989), es matemáticamente expresado así:

$$f(x) = \left[x - \frac{\bar{x}_{(1)} + \bar{x}_{(2)}}{2} \right]^t S^{-1} \left(\bar{x}_{(1)} + \bar{x}_{(2)} \right) + 2 \log \frac{P_{(1)}}{P_{(2)}} \quad (1)$$

Donde:

$P_{(i)}$, i = 1,2 es la probabilidad a priori

- Clasificador normal cuadrático (QCD)

Este clasificador asume que las clases tienen múltiples distribuciones normales, pero cada una es caracterizada por una matriz de covarianza diferente. Partiendo de un problema de dos clases, el clasificador QDC, se expresa matemáticamente como se muestra en la ecuación 2*:*

$$f(x) = \left[x - \frac{\overline{x}_{(1)} + \overline{x}_{(2)}}{2} \right]^{t} S^{-1} \left(\overline{x}_{(1)} + \overline{x}_{(2)} \right) + 2 \log \frac{P_{(1)}}{P_{(2)}} \quad (2)$$

- Máquina de soporte vectorial (SVM)

Este se basa en una sólida base teórica llamada minimización del riesgo empírico (ERM), cuyo objetivo es maximizar las distancias de los objetos de entrenamiento al clasificador (McDaid, Greene & Hurley, 2011). Gracias a la función Kernel que implementa, busca un hiperplano que separe los puntos de una clase de otra de la forma más óptima, teniendo en cuenta la característica fundamental, es decir, este tipo de algoritmos buscan el hiperplano que tenga la máxima distancia con los puntos que estén más cerca del mismo, siendo previamente proyectado a un espacio de dimensión superior (Bishop, 2006; Subba, 2011). Dada su naturaleza, el clasificador SVM es muy funcional en clasificaciones bi-clase.

- K vecinos más cercanos (KNN)

El algoritmo clasifica cada nuevo dato en el grupo que corresponda, según tenga k vecinos más cerca de un grupo o de otro. Es decir, calcula la distancia del elemento nuevo a cada uno de los existentes, y ordena dichas distancias de menor a mayor para ir seleccionando el grupo al que pertenecer (Ruiz, 2017). Los ejemplos de entrenamiento son vectores en un espacio característico multidimensional; cada ejemplo está descrito en términos de *p* atributos considerando *q* clases para la clasificación. Los valores de los atributos del i-ésimo ejemplo (donde $1 \leq i \leq n$) se representan por el vector p-dimensional.

- Clasificador de PARZEN

El clasificador Parzen nace del concepto básico de aprendizaje supervisado no paramétrico basado en la estimación de densidades de probabilidad de Parzen. El objetivo de este clasificador es obtener estimaciones de densidades de probabilidad condicional $p(z|w_k)$. El espacio de medida está dado por un número finito de regiones disyuntas R_i llamadas *cajas* y se contabilizan las muestras que se ubican en ellas, siendo la estimación de la densidad de probabilidad dentro de la caja proporcional a tal número (Tilling, 1989). El clasificador de Parzen matemáticamente se expresa como se muestra en la ecuación 3, donde $N_{k,i}$ denota el número de muestras con clase W_K:

$$\hat{p}(z|w_k) = \frac{N_{k,j}}{\text{volumen}(R_i) * N_k} \quad (3)$$

3. Resultados

Con el fin presentar una comparación que involucre las técnicas de extracción de características en función de la precisión obtenida por los clasificadores, en esta sección

se presentan los resultados alcanzados, en principio, dentro de un problema bi-clase de eventos sísmico-volcánicos. En seguida, se reportan los resultados obtenidos en una clasificación multi-clase, utilizando únicamente el clasificador KNN, por ser aquel que mejor desempeño mostró en una clasificación de este tipo.

La clasificación fue obtenida después de aplicar la técnica de selección de características ReliefF, logrando una reducción en el tamaño de la matriz de características de un 50%, al tomar la primera mitad de los atributos organizados por su ponderación. Ordenando las características de acuerdo a la naturaleza de su dominio, se obtuvo que las características de tiempo y frecuencia son las que muestran una mejor representación de los eventos sísmicos, destacando, en su orden, las siguientes características: en tiempo la curtosis, de la señal filtrada entre las bandas 3-10 Hz y 10-20Hz, y la entropía, siendo características estadísticas. Y en frecuencia, se tiene el valor del centroide espectral, y el valor de los picos del espectro de potencia.

En la Tabla 3, se muestra una matriz conjunta de todas las técnicas de extracción de características empleadas, relacionando los resultados obtenidos con cada los de los cinco clasificadores. Se formaron parejas de clases para evaluar tales características y clasificadores dentro de un problema bi-clase.

	CARACTERÍSTICAS	LDC	QDC	KNN	SVM	PARZENC
Clasificación Eventos VT- TR	Tiempo	0,88	0,83	0,85	0,88	0,88
	Frecuencia	0,76	0,78	0,80	0,83	0,76
	Tiempo-frecuencia	0,85	0,80	0,82	0,83	0,79
	MFCC	0,69	0,69	0,69	0,76	0,71
	Matriz completa	0,88	0,83	0,87	0,88	0,87
Clasificación Eventos LP-TR	Tiempo	0,71	0,74	0,73	0,71	0,73
	Frecuencia	0,55	0,56	0,58	0,53	0,56
	Tiempo-frecuencia	0,54	0,59	0,63	0,62	0,63
	MFCC	0,68	0,69	0,67	0,67	0,67
	Matriz completa	0,69	0,69	0,67	0,72	0,72
Clasificación Eventos IC-TR	Tiempo	0,83	0,83	0,83	0,83	0,85
	Frecuencia	0,60	0,63	0,65	0,61	0,60
	Tiempo-frecuencia	0,72	0,72	0,76	0,72	0,76
	MFCC	0,70	0,74	0,74	0,77	0,76
	Matriz completa	0,83	0,85	0,85	0,83	0,82

Tabla 3 – Precisión, técnicas de extracción características vs clasificación bi-clase.

Para el problema multi-clase, con el propósito de observar en detalle la clasificación de cada clase, se calculó la matriz de confusión para cada técnica de extracción de características, al igual que la precisión, empleado el clasificador KNN. Los resultados se muestran en la tabla 4:

		Predicción de clases				Precisión
Tiempo	Clase Actual		IC	LP	TR	VT	
		IC	70	6	10	3	0,7921
		LP	20	34	16	19	0,7199
		TR	5	17	62	5	0,7727
		VT	14	8	12	55	0,7837
Frecuencia	Clase Actual		IC	LP	TR	VT	
		IC	32	22	14	21	0,5609
		LP	24	34	19	12	0,5609
		TR	19	33	29	8	0,6104
		VT	19	9	4	57	0,6756
Tiempo-frecuencia	Clase Actual		IC	LP	TR	VT	
		IC	46	16	18	9	0,6816
		LP	16	40	17	16	0,6408
		TR	10	23	52	4	0,6766
		VT	16	14	15	44	0,7109
MFCC	Clase Actual		IC	LP	TR	VT	
		IC	40	18	16	15	0,6462
		LP	16	39	18	16	0,6292
		TR	10	16	54	9	0,6486
		VT	17	15	22	35	0,6412
Matriz completa	Clase Actual		IC	LP	TR	VT	
		IC	50	22	7	10	0,7259
		LP	10	43	32	4	0,6490
		TR	10	19	56	4	0,7101
		VT	15	19	8	47	0,7656

Tabla 4 – Matriz de confusión y precisión de clasificación multiclase.

4. Discusión

Se realizó pruebas de clasificación bi-clase en las cuales los mejores resultados se obtuvieron clasificando los eventos TR, como se muestra en la Tabla 3, donde se alcanzó una clasificación promedio de 70% de precisión. La mejor técnica de extracción de características, de acuerdo a los resultados, fue en el dominio de tiempo, aunque con la matriz de características completa, se lograron resultados nada despreciables. Sin embargo, vale la pena mencionar que en términos de costo computacional el algoritmo muestra una mejor respuesta procesando de a un solo grupo de características.

De acuerdo a los resultados obtenidos se apreció un desempeño versátil de los clasificadores LDC, SVM y Clasificador de Parzen, por otra parte, se evidenció que los

mejores resultados se obtuvieron clasificando TR vs VT e IC, por el contrario, TR vs LP mostró menor desempeño con una precisión en promedio sobre el 70%. Esto debido a la naturaleza de las señales, en cuanto los eventos VT e IC son caracterizados por su entrada impulsiva, generalmente producidos por fracturamiento de las paredes internas del volcán, y fractura de hielos en la capa glacial que por el contrario un evento TR se denota por su estrecha banda de frecuencias y además su larga duración, por su parte un evento LP se caracteriza por sus bajas frecuencias, duración de segundos a minutos y la ausencia de onda P y S, que hace difícil determinar el momento exacto de su comienzo. A continuación, se muestra la curva ROC para el Clasificador SVM en la clasificación VT – TR con un AUC del 92%.

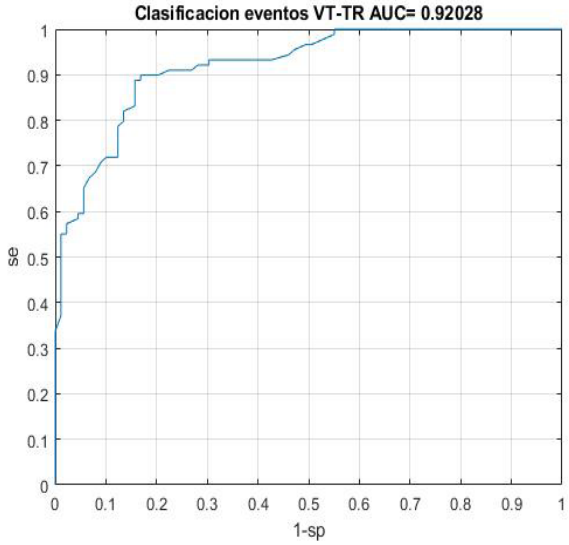


Figura 2 – Curva ROC para el clasificador SVM. Clasificación VT-TR

En la Figura 2 se alcanza un área bajo la curva de 0,92 siendo el mejor resultado que se logró, en los experimentos de clasificación bi-clase, donde se utilizó el clasificador SVM con la matriz de características de tiempo con selección de características ReliefF reduciendo la matriz al 50%.

En la clasificación multi-clase el conjunto de prueba se conformó por el 20% de los registros trabajados, que equivale a 89 eventos por cada clase. En la matriz de con-fusión, no se observó una clasificación contundente de los eventos TR como en la clasificación bi-clase. Por el contrario, el evento que mejor discriminación presenta es el de la clase IC, identificando 70 eventos de 89 con la representación de características de tiempo.

Para los eventos VT al igual que los eventos IC, se obtuvo en promedio una precisión de 79%, utilizando el grupo de características de tiempo, en cuanto a los eventos LP se alcanzó una precisión de 64% con el conjunto de características de tiempo-frecuencia

y los eventos TR se consiguió una precisión del 71% usando la concatenación de los conjuntos de características calculado.

5. Conclusiones

Se realizó la comparación de diferentes técnicas de extracción de características que, de acuerdo a los resultados, la que más se ajusta a una clasificación con buen desempeño fue la matriz de características obtenida a partir de la caracterización de la señal en su estado natural escala de tiempo. Se obtuvo una precisión del 88% con la clasificación bi-clase VT y TR, con SVM, con un AUC de 0,92. De igual manera, la concatenación de todos los grupos de características obtenidos en una matriz, también obtuvo buenos resultados, con una precisión del 88% clasificando las clases de eventos VT y TR con SVM. Sin embargo, en términos de costo computacional el algoritmo muestra una mejor respuesta procesando de a un solo grupo de características.

La etapa de selección de características es fundamental en un modelo de reconocimiento de patrones, ya que permite optimizar el proceso de clasificación y además disminuye el coste computacional por procesar estas señales. Entre las características seleccionadas de la matriz completa, se encuentran 11 características de tiempo, 8 de frecuencia, 36 de tiempo-frecuencia y 22 MFCC.

Los mejores resultados de esta investigación están dirigidos a la clasificación bi-clase de señales sismo-volcánicas, donde se obtuvo buenos porcentajes de clasificación, específicamente citamos la clasificación de los eventos VT y TR donde se obtuvo un porcentaje de clasificación cerca del 88%, con el clasificador SVM, los eventos fueron caracterizados satisfactoriamente por la representación planteada de las características de Tiempo. Esta clasificación es justificable puesto a la naturaleza de estos eventos. Los VT se caracterizan por su particular morfología impulsiva, con respecto a los eventos TR, quienes muestran una forma de onda casi constante. Además, la duración de los TR es mucho mayor de los VT.

De acuerdo a los experimentos realizados, el clasificador que mejor se comporta y obtiene rendimiento sobresaliente en la mayoría de experimento fue el clasificador por densidad de SVM. Además, se resalta los clasificadores LDC y de PARZEN que también logran un buen porcentaje de clasificación de evento sísmico-volcánicos.

Agradecimientos

Agradecemos de forma muy especial al nuestro grupo de investigación “SDAS Research Group (www.sdas-group.com)”, por su apoyo en esta investigación.

Referencias

Benítez, M. C., Ramírez, J., Segura, J. C., Ibanez, J. M., Almendros, J., García-Yeguas, A., & Cortes, G. (2006). Continuous HMM-based seismic-event classification at Deception Island, Antarctica. *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, 45(1), 138–146.

Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. *6 Springer Science+ Business Media,* LLC, pp. 729, Nueva York.

Curilem, M., Vergara, J., San Martin, C., Fuentealba, G., Cardona, C., Huenupan, F., ... & Yoma, N. B. (2014). Pattern recognition applied to seismic signals of the Llaima volcano (Chile): An analysis of the events' features. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 282, 134–147.

Falsaperla, S., Graziani, S., Nunnari, G., & Spampinato, S. (1996). Automatic classification of volcanic earthquakes by using multi-layered neural networks. *Natural Hazards*, 13(3), 205–228.

Hibert, C., Provost, F., Malet, J. P., Maggi, A., Stumpf, A., & Ferrazzini, V. (2017). Automatic identification of rockfalls and volcano-tectonic earthquakes at the Piton de la Fournaise volcano using a Random Forest algorithm. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 340, 130–142.

Ibs-von Seht, M. (2008). Detection and identification of seismic signals recorded at Krakatau volcano (Indonesia) using artificial neural networks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(4), 448–456.

Malfante, M., Dalla Mura, M., Métaxian, J. P., Mars, J. I., Macedo, O., & Inza, A. (2018). Machine learning for volcano-seismic signals: Challenges and perspectives. *IEEE Signal Processing Magazine*, 35(2), 20–30.

Martínez, S. M. R., & Correa, H. L. (2011). Evaluación de técnicas para el análisis de relevancia basadas en filtros sobre imágenes radiológicas. *Revista Ingeniería Biomédica*, 5(9), 26–34.

McDaid, A. F., Greene, D., & Hurley, N. (2011). Normalized mutual information to evaluate overlapping community finding algorithms. *arXiv preprint arXiv:1110.2515*.

Robnik-Šikonja, M., & Kononenko, I. (2003). Theoretical and empirical analysis of ReliefF and RReliefF. *Machine learning*, 53(1-2), 23–69.

Ruiz, S. (2009) *El algoritmo K-NN y su importancia en el modelado de datos*. Retrieved from: https://www.analiticaweb.es/algoritmo-knn-modelado-datos

Thompson, G. (2014). Seismic monitoring of volcanoes. *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, 1–25.

Tilling, R. I. (1989). Volcanic hazards and their mitigation: progress and problems. *Reviews of Geophysics*, 27(2), 237-–269.

Van Der Heijden, F., Duin, R. P., De Ridder, D., & Tax, D. M. (2005). *Classification, parameter estimation and state estimation: an engineering approach using MATLAB*. John Wiley & Sons

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

Recebido/Submission: 02/07/2019
Aceitação/Acceptance: 18/10/2019

Evaluación de alternativas para uso de recursos públicos en emergencias mayores usando proceso jerárquico analítico (AHP): caso de estudio Cantón de Ambato

Rommel Velastegui[1], Cesar Rosero[1], Carlos Sánchez[1], John Reyes[1]

rs.velastegui@uta.edu.ec, cesararosero@uta.edu.ec, carloshsanchez@uta.edu.ec, johnpreyes@uta.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180207, Ambato, Ecuador

Pages: 159–172

Resumen: El presente estudio nace de la inexistencia de un análisis técnico de Logística Humanitaria, la inexistencia de espacios considerados como seguros para albergues temporales en caso de emergencias en el cantón Ambato hace que sea vulnerable ante un evento adverso. Para el estudio de caso debido a la gran cantidad de recursos de infraestructura pública y similitud de estos es necesario apoyarse en sistemas informáticos para toma de decisiones como ArcGIS, para georreferenciar los recursos públicos y Super Decisions para aplicar el cálculo de AHP. A través de esta investigación y realizada la propuesta se ha logrado optimizar aproximadamente 65% en la asignación de lugares seguros en zonas urbanas y rurales y además mediante esta optimización se determina que se puede atender a 327.194 habitantes con un menor tiempo de respuesta.

Palabras-clave: AHP; Super Decisions; ArcGIS; Logística Humanitaria

Evaluation of alternatives for the use of public resources in major emergencies using analytical hierarchical process (AHP): case of study Cantón de Ambato

Abstract: This study is born from the lack of a technical analysis of Humanitarian Logistics, the absence of spaces considered safe for temporary shelters in case of emergencies in the canton Ambato makes the sea vulnerable to an adverse event. For the case study due to the large amount of resources of public infrastructure and similarity of these it is necessary to rely on computer system for decision making such us ArcGIS to georeference public resources and Super Decisions to apply the AHP calculation. Through this research and the proposal has been improved by 65% in the allocation of safe places in urban and rural areas, this optimization has been improved to 327,194 inhabitants with a shorter response time.

Keywords*:* AHP; Super Decisions; ArcGIS; Humanitarian Logistics

1. Introducción

Una emergencia ocurre sin aviso en el momento menos esperado (Chandes & Panché, 2009), cuando acontecen dichos eventos adversos la ciudadanía sufre pánico por no estar preparada para la respuesta, ocurriendo actos improvisados, heridos, muertes, pérdidas económicas, destrucción de infraestructura vital y otros eventos perjudiciales (José, 2014). Por esta razón el estudio tiene como problemática la inexistencia de un documento que permita priorizar los recursos públicos referentes a infraestructura en base a criterios técnicos para asignar lugares de alojamiento temporal en caso de emergencias en Ambato. (Liu, Yu, Sun, & Tian, 2003).

Para lograr los objetivos planteados se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo a través de criterios técnicos de gestión de riesgo y logística humanitaria con el soporte de sistemas inteligentes que faciliten la ubicación de la infraestructura pública y el AHP debido al gran número y similitud (Chandes & Panché, 2009). Este trabajo se ha estructurado inicialmente con el capítulo llamado introducción, el cual aborda los antecedentes y problemática que sustentan la investigación; seguido el marco teórico contiene el fundamento técnico que sustenta la metodología y software utilizado. El capítulo siguiente es la metodología, le cual contiene los fundamentos metodológicos, técnicos para toma de decisiones con que se hace la experimentación.

Posterior se ejecuta el capítulo resultados, el mismo que presenta la información que apoya la toma de decisiones en caso de generarse una emergencia para poder priorizar la logística humanitaria para eventos adversos. Finalmente, las conclusiones muestran los resultados obtenidos en esta investigación.

Con el estudio propuesto y con la ayuda de los sistemas inteligentes para tomas de decisiones se ha logrado: optimizar aproximadamente el 81% para el sector urbano, para el sector rural un 31% y generalizando la optimización para realizar una Logística Humanitaria en el cantón Ambato es del 65% aproximadamente.

2. Marco teórico

2.1. ArcGIS

Para la investigación planteada, este software permite observar shapefiles proporcionadas por instituciones científico – técnicas como el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Secretaría de Riesgos y otras instituciones del Ecuador encargadas de reportar amenazas en territorio, para en lo posterior organizar, analizar, combinar y distribuir información geográfica que para nuestro estudio es la infraestructura pública (ArcGIS, 2017), la Figura 1 muestra una ventana de la Plataforma ArcGIS – ArcMap, donde se observan amenazas geológicas.

Debido a la gran cantidad de datos y similitud, para el estudio los mapas que se elaboran a través de este software constituyen una forma muy efectiva de analizar, comparar y comprender los recursos de infraestructura pública con respecto a ubicación, accesibilidad y distancia entre ellos además de otras amenazas.

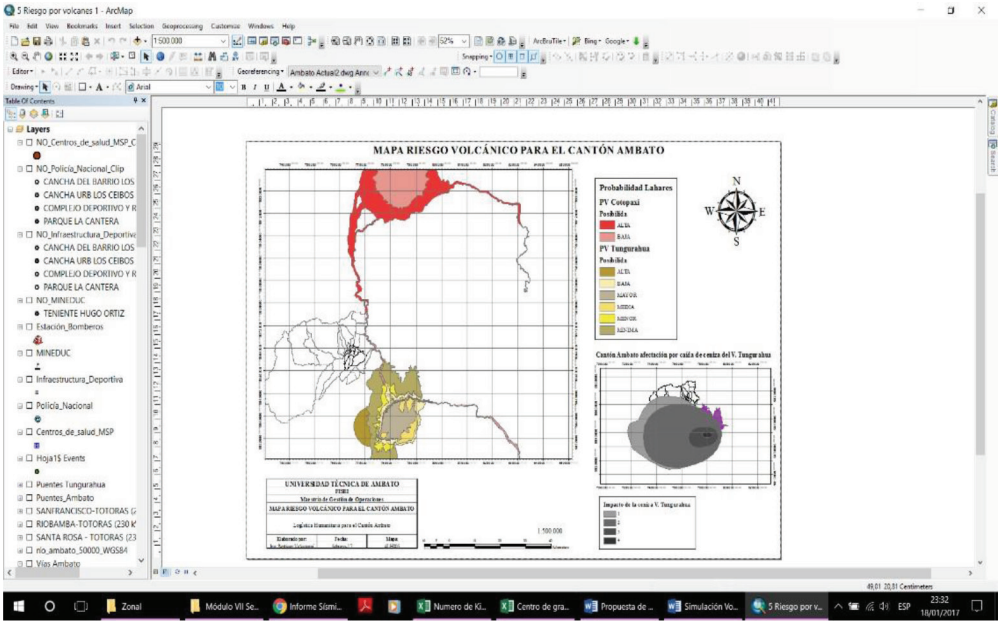


Figura 1 – Plataforma ArcGIS - ArcMap.

2.2. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

La toma de decisiones es una de las actividades de los seres vivos en la que mejor se aprecia su nivel de evolución y organización, en tiempos pasados se efectuaba basándose en principalmente en la experiencia – intuición, a medida que se incrementa la complejidad de los problemas o a medida que las situaciones de día a día son menos estructuradas e intervienen numerosos escenarios, actores y factores el binomio cambia a información – razonamiento y en los últimos años se está considerando el de conocimiento – razonamiento. (Jiménez, 2002).

Entonces la Toma de Decisiones es un paradigma de la racionalidad procedimental multicriterio y para nuestro caso de estudio la metodología a tomar es la del Proceso Analítico Jerárquico (the analytic hierarchy process - AHP), que utiliza una escala subyacente con valores numéricos de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de los dos elementos a comparar según prioridades como se muestra a continuación (González, Domínguez, Rodríguez, & Táramo, 2013).

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuerte y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 1 – Escala referencial de AHP

2.3. Matriz de comparaciones pareadas.

Es una matriz cuadrada que contiene comparaciones pareadas de alternativas o criterios. Sea A una matriz *nxn*, donde n^aZ^+. Sea a_{ij} el elemento (i, j) de A, para i = 1, 2,...n, y; j = 1, 2,...n.

El AHP sustenta esto con los siguientes axiomas:

Axioma No. 1: Referido a la condición de juicios recíprocos: Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que $a_{ij} = 1 / a_{ji}$.

Axioma No. 2: Referido a la condición de homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud, o jerarquía.

Axioma No. 3: Referido a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente: Existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.

Axioma No. 4: Referido a la condición de expectativas de orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

2.4. Consistencia.

Una consideración importante en términos de la calidad de la decisión final se refiere a la consistencia de los juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. Se debe tener presente que la consistencia perfecta es muy difícil de lograr y que es de esperar cierta inconsistencia en casi cualquier conjunto de comparaciones pareadas, después de todo son juicios rendidos por seres humanos. De forma más compacta, decimos que A es consistente si y sólo si,

$$AW = nW \tag{1}$$

Donde **W** es un vector columna de pesos relativos w_j, (j = 1, 2,..., n) se aproxima con el promedio de los n elementos del renglón en la matriz normalizada **N**. Haciendo el estimado calculado, se puede mostrar que:

$$A\bar{w} = n_{max}\bar{w} \tag{2}$$

Donde $\boldsymbol{n_{max}} \geq n$. En este caso, entre más cercana sea a $\boldsymbol{n_{max}}$ **an**, más consistente será la matriz de comparación **A**. Como resultado, el AHP calcula la razón de consistencia (**RC**) como el cociente entre el índice de consistencia de **A** y el índice de consistencia aleatorio.

$$RC = \frac{IC}{IA} \tag{3}$$

Donde **IC** es el índice de consistencia de **A** y se calcula como sigue:

$$IC = \frac{n_{\max^{-n}}}{n-1} \tag{4}$$

El valor de $\boldsymbol{n_{max}}$ se calcula de $A\bar{w} = n_{max}\bar{w}$ observando que la i-ésima ecuación es:

$$\sum_j^n = 1 a_{ij}\bar{w}\bar{i} = n_{\max}\bar{w}, I = 1,2...n. \tag{5}$$

Dado que $\sum_j^n = 1 a_{ij}\bar{w}\bar{i} = 1$, obtenemos:

$$\sum_j^n = 1\left(\sum_j^n = 1\ a_{ij}\bar{w}\bar{j}\right) = n_{\max}\sum_j^n = 1\ \bar{w} = \tag{6}$$

Esto significa que el valor de n_{max} se determina al calcular primero el vector columna **A** y después sumando sus elementos.

IA es el índice de consistencia aleatoria de **A**, es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria. Se puede mostrar que el ***IA*** depende del número de elementos que se comparan, y asume los siguientes valores indicados en la Figura 2.

N de elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Tabla 2 – Valores de IA por cantidad de elementos

Algunos autores sugieren la siguiente estimación para el ***IA***

$$IA = \frac{1.98(n-2)}{n} \tag{7}$$

Se calcula la razón de consistencia (***RC***) (o CR, de Consistency Ratio).

Esta razón o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes; es probable que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas. ***RC*** ≤ 0.10: Consistencia Razonable. ***RC*** > 0.10: Inconsistencia.

El AHP es importante en niveles operativos, tácticos y estratégicos como lo indica la Figura 6, sirviendo para mejorar la eficiencia, la eficacia y fundamentalmente la efectividad de una decisión debido a que esta metodología permite:

1. Resolver problemas multicriterio, multientorno y multiactores, incorporando en el modelo los aspectos tangibles e intangibles, así como el subjetivismo y la incertidumbre inherente en el proceso de toma de decisiones.
2. Una teoría matemática de la medida generalmente aplicada a la dominación de la influencia entre alternativas respecto a un criterio o atributos.
3. Una filosofía para abordar, en general, la toma de decisiones.

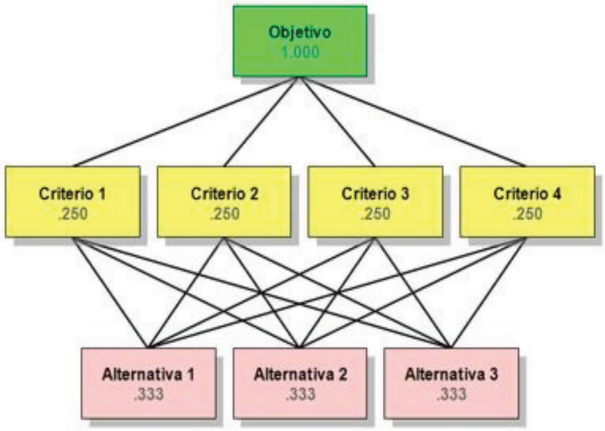


Figura 2 – Niveles operativos, tácticos y estratégicos del AHP

2.5. SuperDecisions.

Se recomienda la utilización de SuperDecisions para solucionar problemas de Decisión de Multicriterios, donde se manejen gran número de datos y la similitud de estos datos sean muy equivalentes; esta herramienta tecnológica en la investigación construye modelos matemáticos de multicriterios mediante la propuesta de los siguientes pasos: 1) El decisor debe conocer claramente las alternativas por valorar; 2) Se aconseja estar familiarizados con las diversas estructuras de posibles modelos antes de comenzar a diseñar el propio; 3) El decisor debe tener conocimiento suficiente para valorar todas las alternativas de acuerdo a los criterios que él mismo establezca. El software ofrece en cada matriz evaluada el valor de la inconsistencia, cuyo valor lo puede orientar en sus criterios. 4) El decisor debe saber si el problema es adecuado para ser modelado como AHP o ANP.

3. Metodología

3.1. Identificación de infraestructura pública

Para la investigación se ha realizado una investigación de campo debido a que se ha visitado 11 localidades urbanas y 18 localidades rurales donde se encuentra la infraestructura pública como escuelas, centros de salud, canchas de uso múltiple, estadios y otros (ArcGIS, 2017). La Figura 3 muestra los recursos que se analizarán posteriormente.

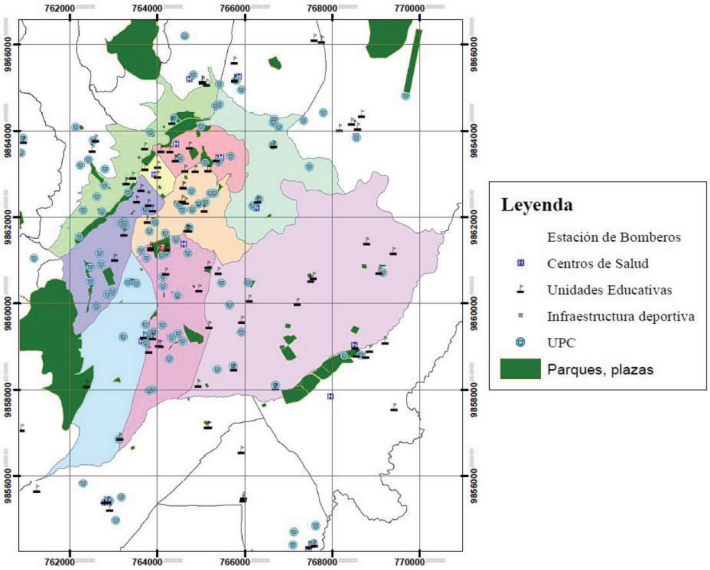


Figura 3 – Recursos públicos del cantón Ambato, desde ArcGIS.

3.2. Evaluación de infraestructura pública

Los recursos públicos han sido evaluados en base a criterios de logística humanitaria y gestión de riesgos por expertos en el tema (Chandes & Panché, 2009); se ha considerado la población de estudio del cantón Ambato que es aproximadamente 327.194 personas (INEC, 2016), para la muestra de estudio se ha tomado a los representantes de los Gobiernos Autónomos Descentralizados de las Parroquias Rurales (SEMPLADES, 2014).

Para la aplicación de la metodología del AHP de los recursos de infraestructura pública para emergencias del cantón Ambato se ha propuesto de la siguiente metodología los siguientes pasos a seguir:

a. Levantamiento de información sobre los recursos públicos existentes en el cantón Ambato.

A través de ArcGIS (ArcGIS, 2017) en la Figura 3, se ha identificado los recursos públicos y para el estudio se ha considerado: Centros de Salud, Hospitales, Unidades Educativas, parques, canchas, estadios y coliseos (Velastegui, 2015)

b. Verificar in situ la existencia de los recursos.

Identificados los recursos de infraestructura públicos, Técnicos de Gestión de Riesgo con experiencia de 5 años, han procedido a valorar técnicamente dichos recursos de lo cual se analizó infraestructura y espacios abiertos en 9 parroquias urbanas y 18 parroquias rurales. (Técnicos de Gestión de Riesgos COMSECA, 2015).

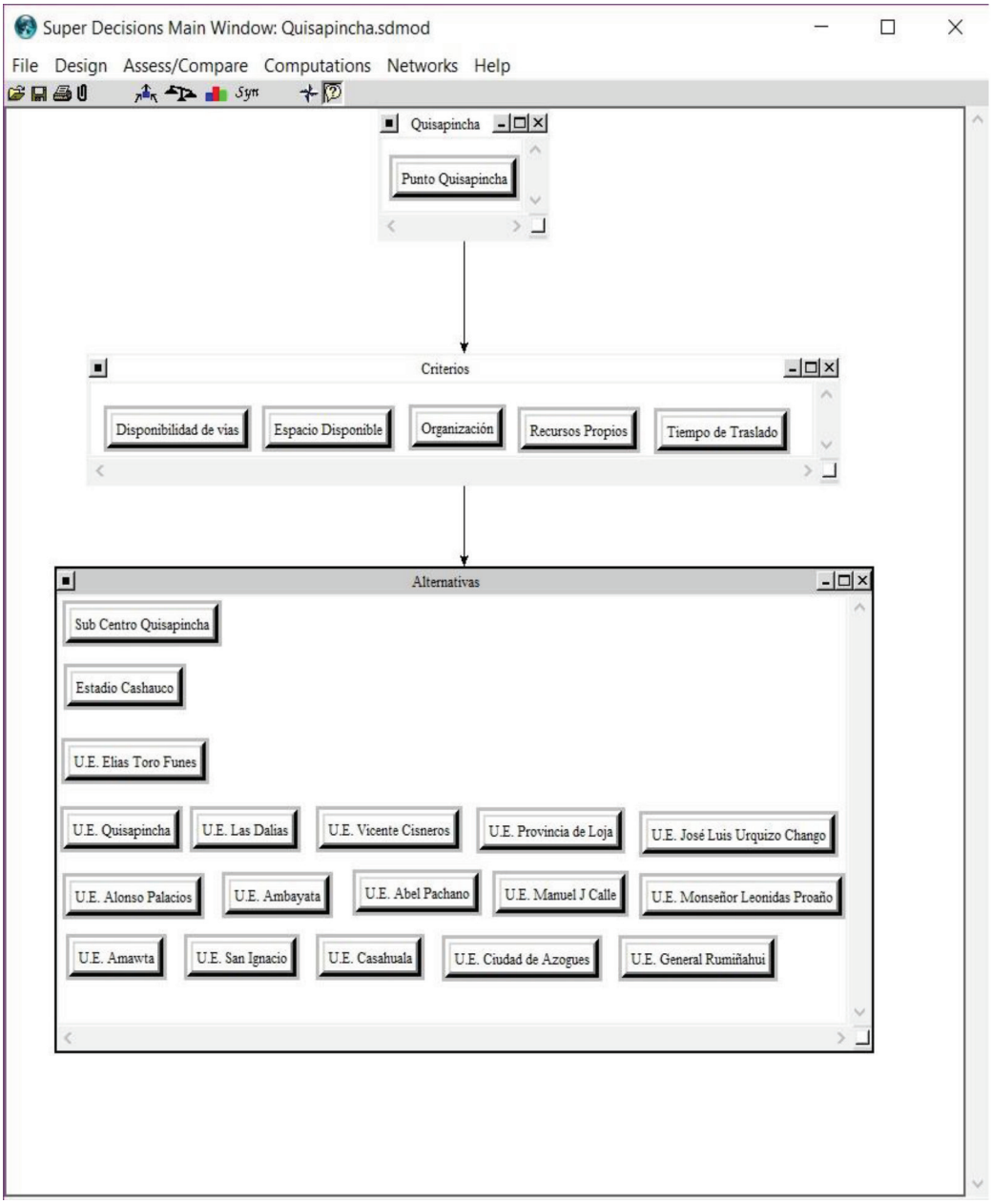


Figura 4 – Niveles de análisis en software Super Descisions

c. Niveles de evaluación y criterios de priorización

La priorización se definió tres niveles de análisis como muestra la Figura 4, el primer nivel es el Objetivo del análisis que para nuestro caso de estudio corresponde priorizar un Punto

Seguro ante una emergencia por cada parroquia urbana y rural; el segundo nivel se plantean 5 criterios de logística humanitaria y gestión de riesgos (Liu, Yu, Sun, & Tian, 2003): Disponibilidad de vías, Espacios Disponibles, Organización, Recursos Propios y Tiempo de traslado; y en el tercer nivel se encuentran todos los recursos públicos de cada sector.

La especificación de los cinco criterios de selección son: 1. Disponibilidad de vías, debido a que en una emergencia hay que transitar por caminos vecinales pequeños de difícil acceso; 2. Espacio Disponible, los espacios abiertos con áreas de gran tamaño para alojar a numerosas cantidades de personas; 3. Organización, porque es difícil organizar grupos para llegar a acuerdos; 4. Recursos Propios, se relaciona con los recursos naturales de cada sector; 5. Tiempo de Traslado, se ha considerado las distancias menores con la mayor calificación, para hacer válido el transporte a pie (Organización Panamericana de la Salud, 2001).

d. Procesar el AHP en SuperDecisions

Una vez definido el objetivo del AHP, los criterios de evaluación y las alternativas del estudio a ser evaluadas, en la Figura 5 se ha procedido a valorar a través de criterios cualitativos y cuantitativos; criterios cualitativos basado en los juicios de dos Técnicos de Gestión de Riesgos con experiencia de 5 años cada uno y cuantitativo en base a la metodología AHP aplicada en el Software Super Decisions. (Saaty & William, 2004). La Figura 5 además en este caso muestra el criterio a evaluar “Tiempo de Traslado”, donde se valoran aleatoriamente a través de un sistema todos contra todos los recursos públicos de cada sector (Crowther & Seifi, 2019).

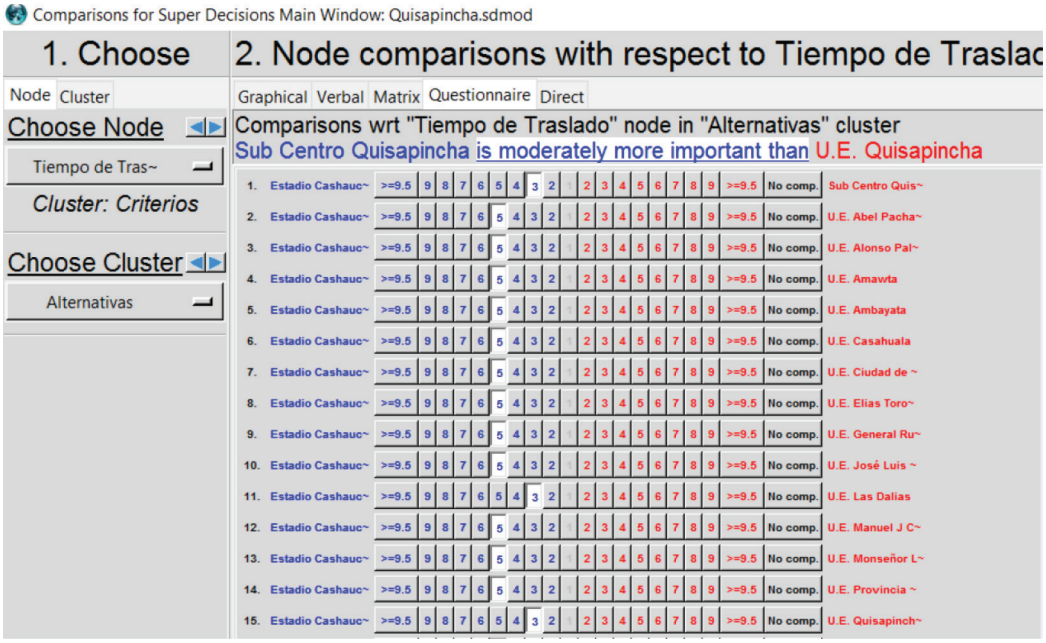


Figura 5 – Ventana de matriz de comparación del criterio “Tiempo de Traslado” entre las alternativas existentes en la Parroquia Rural Quisapincha, obtenida de Super Decisions.

Realizada la valoración de todos los recursos por sector en la Figura 6 se indica el resultado del cálculo de la priorización.

Es así por ejemplo la comparación número 3 entre el Estadio Cashauco (a) vs. La U.E. Alonso Palacios (b), se procede a califica al Estadio Cashauco con 5 (Fuertemente preferible) que la U.E. Alonso Palacios; debido a que (a) se encuentra ubicado en el centro de la parroquia Quisapincha además de que posee cerramiento, servicios higiénicos comunitarios, iluminación artificial para estadios y un área que acoge a 3.000 aproximadamente a personas, colinda con la U.E. Quisapincha y U.E. Elías Toro Funes y posee caminos de primer orden; en cambio (b) es una U.E. ubicada aproximadamente a 20 minutos del centro de la Parroquia Quisapincha existen caminos de segundo orden y el área no supera los 500 m2. Así se procedió a evaluar un total de 581 Alternativas como recursos del Cantón Ambato dividido en: 35 Centros y Sub Centros de Salud, 182 Unidades Educativas, 128 Infraestructuras Deportivas (canchas, estadios, otros), 127 Unidades de Policía Comunitarias (UPC), 109 Plazas y Parques.

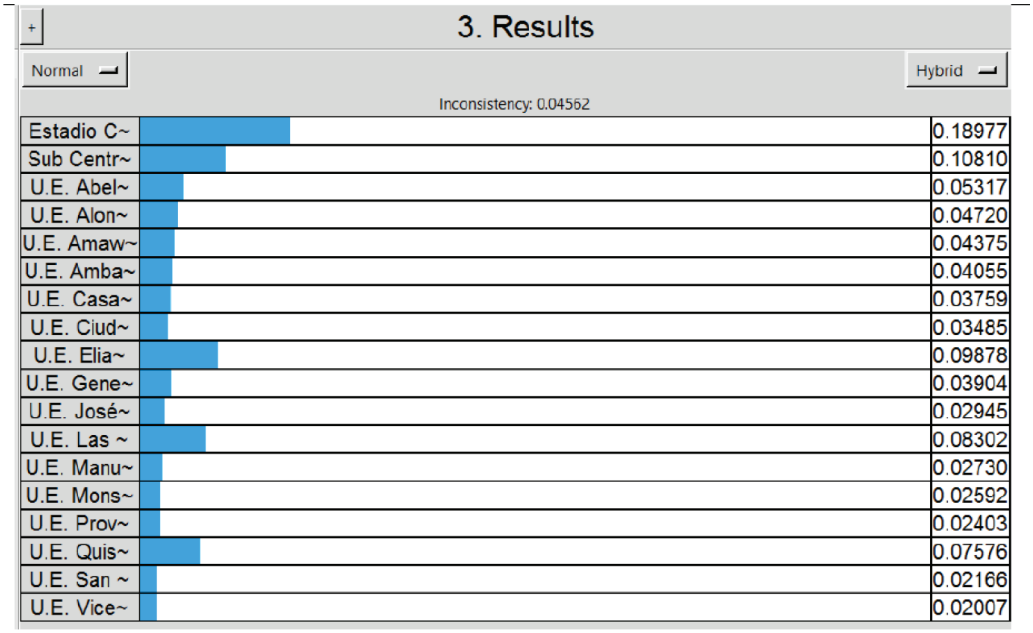


Figura 6 – Resultado de análisis AHP, obtenida de Super Decisions.

4. Resultados

Con la ayuda de ArcGIS para georreferenciación y Super Decisions para la aplicación del AHP se obtiene los siguientes resultados referentes a infraestructura pública por cada sector, los cuales de generarse una emergencia se ha recomendado utilizar como centros

de almacenamiento temporales y/o albergues temporales, indicados en la Tabla 3, Tabla 4 y la Figura 7.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Parroquia Urbana	Atocha - Ficoa	Celiano Monge	Huachi Chico	Huachi Loreto	La Matriz 1	La Matriz 2	La Merced	La Península	Pishilata	San Francisco
Punto Priorizado	U.E. Rumiñahui	U.E. María Natalia Vaca	Centro de Salud N.- 3	Estadio Bellavista	U.E. Augusto Nicolás Martínez	U.E. Bolívar	U.E. Ambato	Sub Centro La Península	Polideportivo Iván Vallejo	U.E. Liceo Juan Montalvo

Tabla 3 – Recursos públicos priorizados por AHP de las Parroquias Urbanas.

N	Parroquia Rural	Punto Priorizado
1	Ambatillo	Sub Centro Ambatillo
2	Atahualpa (Chisalata)	U.E. Atahualpa
3	Augusto N. Martínez	Sub Centro Augusto N. Martínez
4	Constantino Fernández	Estadio Central
5	Cunchibamba	Sub Centro Cunchibamba
6	Huachi Grande	U.E. Huachi Grande
7	Izamba	Sub Centro Izamba
8	Juan Benigno Vela	U.E. Chibuleo
9	Montalvo	Sub Centro Montalvo
10	Pasa	Sub Centro Pasa
11	Picaigua	Estadio Central
12	Pilaguin (Pilahuín)	Cancha del Barrio La Matriz
13	Quisapincha (Quizapincha)	Estado Cashauco
14	San Bartolomé de Pinllog	Estadio Santa Elena
15	San Fernando	Sub Centro San Fernando
16	Santa Rosa	Sub Centro Misquillí
17	Totoras	Sub Centro Totoras
18	Unamuncho	Parque Central

Tabla 4 – Recursos públicos priorizados por AHP de las Parroquias Rurales.

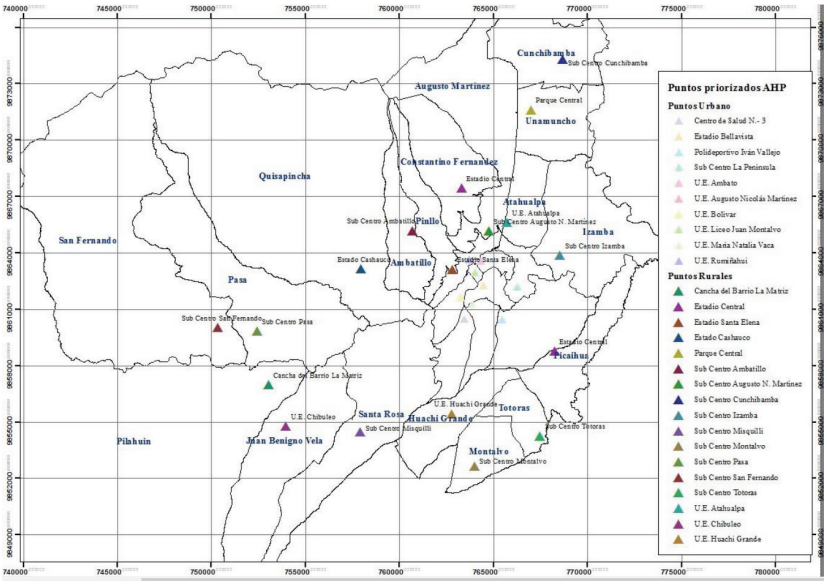


Figura 7 – Puntos encontrados en ArcMap con la priorización AHP.

En la actualidad se tiene 53 puntos para las parroquias urbanas y 26 puntos para las parroquias rurales; estos puntos en la actualidad se considerados seguros para atender emergencias y se muestra en la Figura 8



Figura 8 – Sitios Seguros del Cantón Ambato

Para finalizar realizando una comparación entre los puntos seguros actuales y los analizados en la investigación, con el estudio propuesto y con la ayuda de los sistemas inteligentes para tomas de decisiones se ha logrado: optimizar aproximadamente el 79% para el sector urbano, debido a que inicialmente tenemos 53 lugares y se a optimizado a 11; y para el sector rural un 30% debido a que inicialmente se tenía 26 y se a optimizado a 18 y generalizando la optimización para realizar una Logística Humanitaria en el cantón Ambato es del 65% aproximadamente; lo cual disminuye los tiempos de respuesta de la ayuda humanitaria.

5. Conclusiones

En los recursos públicos (Centros de Salud, Hospitales, Unidades Educativas, parques, canchas, estadios y coliseos), la similitud existente de muy elevada, es por eso que se planteó esta metodología ayudada con los sistemas informáticos ArcGIS para georreferenciación y Super Decisions para toma de decisiones, apoyada con el criterio de evaluación de los técnicos de gestión de riesgos con experiencia de 5 años.

A través de la propuesta se pudo priorizar en base al AHP y los siguientes criterios: Disponibilidad de vías, Espacios Disponibles, Organización, Recursos Propios y Tiempo de traslado, los recursos públicos son: 10 urbanos y 18 rurales.

Se optimizó de manera general un 65% de efectividad para ubicar puntos para aplicar una Logística Humanitaria en el cantón Ambato, de aproximadamente 78 alternativas de puntos para atención, a través de nuestro estudio se ha logrado obtener 28 puntos para atención donde se abarca en menor tiempo la atención de los 327.194 habitantes del cantón Ambato.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por su apoyo brindado para la ejecución exitosa de este trabajo a través del proyecto de investigación titulado “Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado”, código PFISEI18.

Referencias

Álvarez, J., & Montpelier, L. (2017). Análisis de proyectos de desarrollo de aplicaciones informáticas aplicando el Proceso Analítico Jerárquico. *Avances*, 270-280.

ArcGIS. (18 de 01 de 2017). *https://www.arcgis.com/features/index.html*. Obtenido de https://www.arcgis.com/features/index.html: http://resources.arcgis.com/

Chandes, J., & Panché, G. (2009). Pensar la acción colectiva en el contexto de la logística humanitaria. *Journal of Economic Finance and Administrative Science*, 14(27).

Consejo Municipal de Seguridad Ciudadana de Ambato. (15 de 10 de 2015). Plan de Contingencia del cantón Ambato - Volcán Cotopaxi. *Plan de Contingencia del cantón Ambato - Volcán Cotopaxi*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: GADMA.

González, J. S., Domínguez, H. V., Rodríguez, A. L., & Táramo, Y. P. (2013). System of support for the multicriteria decision making multidecision paat. *system of support for the multicriteria decision making multidecision paat*, 21.

IG - EPN. (s.f.). Peligro Sísmico Ecuador. Quito.

INEC. (04 de julio de 2016). *www.inec.gob.ec*.

J. G. (2016). *Logística humanitaria: seguridad agroalimentaria*. Bogotá: logística humanitaria: seguridad agroalimentaria.

J. H. (Agosto de 2014). *José Holguín Veras y la logística humanitaria*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: www.iingen.unam.mx/esmx/Publicaciones/gacetaElectrónica/GacetaAgosto2014/Paginas/Logistica Humanitaria.aspx

Jiménez, J. M. (2002). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos,*

Metodología Y Aplicaciones. Zaragoza, España: Dpto. Métodos Estadísticos. Facultad de Económicas. Universidad de Zaragoza. Obtenido de http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/02t.pdf

Liu, R., Yu, J., Sun, H., & Tian, P. (2003). *Introduction to the ANP Super Decisions Software and Its Application*. Pekín: cnki.

Organización Mundial de la Salud. (2001). Logística y gestión de suministros humanitarios en el sector salud. *Logística y gestión de suministros humanitarios en el sector salud*. Washington, Washington D.C., Estados Unidos: Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencias y Socorro en casos de Desastre.

Organización Panamericana de la Salud. (2001). *Logística y gestión de suministros humanitarios en el sector salud*. Washington: Organización Panamericana de la Salud.

Saaty, T., & William, A. (2004). Super decisions software. *Pittsburgh*.

SEMPLADES. (2014). Ficha de cifras generales del cantón Ambato. *Ficha de cifras generales del cantón Ambato*, 5.

Técnicos de Gestión de Riesgos COMSECA. (2015). *Informe sobre recursos del cantón Ambato*. Ambato: GADMA.

University of Missouri System. (2015). Introduction to International Disaster Management. En J. Abad Moran, *Chapter 5: Preparedness* (pág. 34). Columbia: 3.

Velastegui, R. S. (2015). *Logística Humanitaria en caso de eventos adversos para optimizar los recursos y ayuda disponible en el Cantón Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

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

Recebido/Submission: 13/09/2019
Aceitação/Acceptance: 27/11/2019

Estudio del uso de apps en las actividades agrícolas de las pequeñas unidades productivas en el sector de Milagro – Ecuador

Roger Freire Avilés[1], Wilson Romero[1], Galo Almeida Loor[1], Judith Díaz Nava[2]

rfreire@uagraria.edu.ec, wromero@uagraria.edu.ec, jdiaz@uagraria.edu.ec, galmeida@uagraria.edu.ec

[1] Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrarias, 090203, Guayaquil, Ecuador.

[2] Universidad Agraria del Ecuador, Facultad de Economía Agrícola, 090203, Guayaquil, Ecuador.

Pages: 173–187

Resumen: Este estudio se propuso investigar las causas del muy bajo índice de uso de las tecnologías informáticas, especialmente de apps (aplicaciones móviles) por parte de los pequeños agricultores de la ciudad de Milagro y sectores aledaños. Para este caso se aplicaron encuestas a 208 pequeños agricultores y administradores o propietarios de pequeñas unidades agrícolas consideradas específicamente las de tamaño entre 1 y 15 hectáreas de terreno. La delimitación de esta investigación se realizó en los predios ubicados en el sector rural del cantón Milagro y sectores aledaños. La hipótesis a comprobar era que los agricultores no utilizaban esta tecnología debido a que no existen aplicaciones apropiadas a su caso específico en términos de utilidad, simplicidad y costo. El método de investigación aplicado es el cuantitativo a través de la aplicación de las encuestas, para luego realizar los estudios estadísticos y generar las conclusiones de esta investigación.

Palabras-clave: sistemas agrícolas; aplicaciones agrícolas; tecnologías informáticas; agricultor.

Study of the use of apps in the agricultural activities of small productive units in the Milagro sector - Ecuador

Abstract: This study set out to investigate the causes of the very low rate of use of computer technologies, especially apps (mobile applications) by small farmers in the city of Milagro and surrounding sectors. For this case, surveys were applied to 208 small farmers and administrators or owners of small agricultural units specifically considering those between 1 and 15 hectares of land. The delimitation of this research was carried out in the farms located in the rural sector of the Milagro canton and surrounding sectors. The hypothesis to verify was that farmers did not use this technology because there are no applications appropriate to their specific case in terms of utility, simplicity and cost. The applied research method is quantitative through the application of the surveys, to then carry out the statistical studies and generate the conclusions of this research.

Keywords*:* agricultural systems; agricultural applications; computer technologies; farmer.

1. Introducción

La tecnología informática a través de los sistemas automatizados se ha ido incorporando progresivamente prácticamente en todas las áreas de la vida moderna, la sociedad y por supuesto también en la agricultura, sin embargo, existe la percepción de que esta incursión en el campo agrícola no es igual para todas las esferas de esta actividad, entendiéndose que las unidades agrícolas de mayor tamaño, por su mejor organización y manejo gerencial ha dispuesto de mejores accesos y utilización a sistemas automatizados que evidentemente han aumentado su eficiencia y productividad, mientras que las pequeñas unidades agrícolas manejadas por los pequeños agricultores que van desde la una a quince hectáreas, a pesar del importante beneficio que aquello les podría representar, evidencia un escaso nivel de tecnificación y específicamente una mínima aplicación de sistemas informáticos en la administración de su unidad productiva. Es en ese contexto que el presente artículo pretende comprobar esta hipótesis y de ser el caso, indagar las causas de su mínimo nivel del uso de estas herramientas informáticas y específicamente las representadas por los sistemas desarrollados para ser utilizados en base a la tecnología celular o app.

Esta investigación pretende determinar el uso del software agrícola por parte de pequeños agricultores del sector rural del cantón Milagro para confirmar las hipótesis de su baja utilización debido a razones tales como:

Software inexistente: No existe software para sus necesidades específicas de pequeñas parcelas.

Software inadecuado: El software que existe es muy complejo y no se ajusta a sus condiciones culturales, educativas, o ergonómicas – por ejemplo, letras, teclas o iconos muy pequeños no adecuados a manos toscas y visión de personas de tercera edad, opciones y menús muy complejos para personas sencillas de poca instrucción educativa

Software mal promocionado: Si acaso existe, esta poco difundido, no se sabe cómo y dónde adquirirlo o quien puede proporcionarlo e informar sobre el uso del mismo.

Software de alto costo: El costo del software excede el presupuesto estimativo de los pequeños agricultores o no convence su utilidad práctica.

Como experiencia general, se conoce que existe un importante software agrícola, pero más que nada este está dirigido a grandes y medianas empresas agrícolas, mejor constituidas organizativa y jurídicamente, con propietarios o administradores con mayor nivel de educación y manejo de la tecnología, o en su defecto, con personas o departamentos apropiados que se encargan del manejo de un complejo y más costoso software que ellos si pueden financiar por las prestaciones de los módulos que utilizan (inventarios, proveedores, cuadernos de campo, manejo de proyectos, roles de jornaleros y empleados, entre otros) todo lo cual no es el caso de los pequeños agricultores por las razones al inicio expuestas como hipótesis.

2. Objetivos

El objetivo general de esta investigación es determinar las causas para el uso de las apps en las pequeñas unidades agrícolas del sector Milagro.

Como objetivos específicos se consideró:

Establecer el nivel de conocimiento del manejo de las apps para el uso en las actividades agrícolas.

Indagar los requerimientos para el uso de las apps en el sector agrícola.

3. Materiales y Métodos

El presente trabajo ha sido realizado metodológicamente con el enfoque cuantitativo, utilizándose como instrumentos de recolección de datos la utilización de una encuesta aplicada a 208 agricultores, propietarios o administradores de pequeñas unidades productivas de entre 1 y 15 hectáreas, ubicados entre el sector rural de la parroquia Milagro, Yaguachi y Naranjito. En la encuesta a más de los datos que permiten definir apropiadamente al agricultor y sus características, se indaga fundamentalmente sobre el conocimiento, el uso y sus posibles causas de su uso o no uso, así como sus requerimientos para un software agrícola de su interés, en caso de que no lo hubiera.

La recolección de datos se realizó entre los días 24 y 28 de octubre de 2018, utilizando para ello a 42 estudiantes de la -Facultad de Ciencias de la Computación de la Universidad Agraria del Ecuador, del 8vo, semestre, entrenados previamente para el caso, utilizando un instructivo como guía de aplicación y supervisados en las visitas en terreno en cada una de las fincas o predios seleccionados.

4. Marco Teórico

La Organización de Estados Americanos (2015), expresa en su artículo que con el objeto de conocer la propensión del agricultor salvadoreño a las innovaciones tecnológicas, se realizó una investigación dentro de un estudio sobre el crédito agrícola que se, llevó a cabo con la colaboración del BID y del CIDA. Por dicha investigación se supo que, de los 1803 productores encuestados, el 73.9 por ciento era analfabeto y sólo el 26.1 por ciento sabía leer y escribir. Como es lógico esperar, el grupo de los alfabetizados acusa el más alto grado de cambios y tiende a superar las condiciones tecnológicas y materiales de las explotaciones. En promedio, los productores alfabetizados realizaron el 88.3 por ciento de las innovaciones, y los analfabetos únicamente el 11.7 por ciento restante.

Como se deduce de la frase anterior, el crecimiento de competitividad de hoy en día en los diferentes sectores que favorecen al crecimiento de la economía ha evolucionado en los últimos años, el sector agrícola no es una excepción a este avance, tanto económico como en el área tecnológica, que es donde se ha buscado implementar diferentes tecnologías tanto para el área agrícola (huertos, fincas, haciendas, parcelas) y en el área administrativa (como manejo de personal, informes , consultas), para lo cual se han diseñado diferentes softwares automatizan y mejoran todos estos procesos, los cuales pueden manejarse desde una computadora, un teléfono inteligente, una Tablet, entre otros.

Dentro de la programación y el diseño de software, surgen las apps (aplicaciones informáticas), las cuales se pueden instalar en dispositivos móviles, por lo que permiten su uso de forma masiva, dependiendo el sector al que esté destinado. En este sentido, se

puede mencionar que las grandes empresas agrícolas, por su economía y crecimiento, pueden adoptar este sistema que les permite mejorar su funcionamiento e imagen a nivel empresarial. Pero surge la interrogante, que hay para las medianas y pequeñas empresas agrícolas, que no cuentan con la capacidad económica para adquirir un software que les ayude a mejorar en todos los aspectos.

Será que no existe una app adecuada o si existe, ¿cuál es el argumento para no utilizar estas nuevas tecnologías? Para responder a esta interrogante, existen varias alternativas como el tema económico, miedo al cambio, es decir, a la adopción de estas nuevas tecnologías; o, será que no se han realizado sistemas acordes a la necesidad de este sector de la agricultura que aún trabajan con apuntes en cuadernos o en hojas electrónicas, que no ayudan a mantener una información actualizada y en tiempo real cuando la necesite el agricultor.

No es la excepción Ecuador en el sector agrícola, los agricultores de ciertas zonas rurales y agrícolas de la sierra y la costa. Pero esta investigación se centra en la provincia del Guayas en el cantón milagro, dicho cantón cuenta con diversas haciendas, fincas, que se dedican al cultivo de diferentes productos agrícolas como Es el caso de caña de azúcar, verde, plátano. En ciertas hectáreas se está sembrando tabaco y el mango. Sin embargo, se conoce que hay empresas como Valdez que se dedica a la cosecha de caña de azúcar y otras que ya cuenta con aplicaciones móviles por la gran dimensión de sus parcelas.

Para AGROWARE (2014) menciona que al igual que en cualquier otra rama de la producción material, para aumentar la productividad en la agricultura se necesita aplicar la mejor tecnología posible. Desde las asombrosas chinampas precolombinas –todavía hoy brindando vegetales y flores en pleno D.F. – hasta la obtención de más de 30,000 lechugas al año en pequeñas casas de cultivo mediante los novedosos hidropónicos computarizados, la tecnología agrícola aplicada de manera correcta y a tiempo ha significado, desde tiempos inmemoriales, la diferencia entre bonanza y pobreza para una región rural.

En el caso de este estudio, se ha considerado que la aplicación de la tecnología informática a estas pequeñas parcelas agrícolas podría beneficiar la productividad y el control de sus actividades y darle una visión amplia para administración los recursos que utilizan en sus terrenos.

4.1. Sistemas agrícolas automatizados.

Según Méndez, (2015) “El desarrollo de la tecnología a nivel internacional permite tener una gran gama de dispositivos para la automatización de equipos o de sistemas. Hoy en día se puede utilizar dispositivos de bajo costo como micro controladores Arduino, Circuitos Integrados Programables PIC, dispositivos temporizadores semanales y relés programables. Para realizar tareas más complejas se pueden utilizar Controladores Lógicos Programables (PLC) y sistemas de Interfaz Humano Máquina (HMI), los cuales poseen un costo mayor que los anteriores”.

El sistema automatizado realiza la determinación rápida de los principales indicadores que caracterizan las condiciones del suelo, vegetación, meteorológicas y de los materiales

empleados donde se desarrollan los ensayos de las máquinas agropecuarias y forestales, según la norma NC 34-47, a partir de mediciones realizadas en la parcela de control. El software DCE es de fácil manipulación, accediendo a cada parte del mismo mediante el vínculo del usuario con el Panel de Control Principal. (Lajas, 2015)

Gracias al mejoramiento de la tecnología podemos contar con diferentes sistemas y dispositivos, los cuales nos ayudan en la administración de diferentes negocios aplicados al agro, para realizar diversas actividades en un entorno sencillo y agradable de fácil manejo, siguiendo diferentes normas para la conservación del medio ambiente.

4.2. Fincas, haciendas o unidades agrícolas.

Hacienda unidad de explotación agrícola de frutos mayores q tiene una extensión grande y se corresponde con la agricultura comercial. *En ella predomina el desarrollo de un solo cultivo. *El rendimiento por hectáreas suele ser elevado cuando se utilizan recursos tecnológicos apropiados. *Comprende las tierras cultivadas, la vivienda principal y viviendas anexas para uso de los peones.

Finca: unidad de explotación agrícola de frutos menores, cuya extensión no es muy grande. Se realizan explotaciones ganaderas que no tienen la categoría de hatos, pues los pastizales no permiten el pastoreo sino durante las lluvias. La producción se destina al mercado. (Garcés, 2011)

Unidad de Producción Agropecuaria UPA. - Es una extensión de tierra de 500 m² o más, dedicada total o parcialmente a la producción agropecuaria, considerada como una unidad económica. Superficies menores a 500 m² que mantengan características de las UPAs descritas, pero que hayan vendido un producto, durante el periodo de referencia.

El callejón interandino ecuatoriano mantiene hasta la actualidad la mayor y mejor superficie agrícola a grandes explotaciones aún llamadas haciendas, cuya principal actividad es la producción lechera. De cierta forma la ganadería se adapta a la estrategia de valorización de la gran superficie con poco requerimiento de mano de obra debida al sistema de pastoreo libre y los procesos de mecanización para la preparación del suelo y la ordeña. La producción en estas haciendas se reconoce como agrobussines al tener como principal intención la retribución de una renta por el capital invertido y al contratar externos para la operación de la explotación; al mismo tiempo el aprovechamiento de las condiciones de mercado y competitividad debido a que la alta productividad del trabajo es una de sus características (Salazar & Cochet, 2016).

Indica que cada finca, hacienda tiene su propia diversidad de cultivos, y que ninguna piensa de la misma forma, es decir nadie piensa en cultivar lo mismo que otra hacienda o finca, y por ende se beneficia más.

4.3. Tecnología agrícola

La tecnología agrícola o agropecuaria es el conocimiento y la utilización de herramientas, técnicas, recursos, dispositivos y sistemas que permiten la utilización de elementos tecnológicos en las tareas y actividades agropecuarias.

La tecnología agrícola o agropecuaria está presente en todos los ámbitos de la vida cotidiana del campo. Aunque no nos demos cuenta, muchas actividades y labores que

realizamos a lo largo de la jornada de trabajo implican la utilización de algún dispositivo tecnológico. El desarrollo de la tecnología ha colaborado en derribar los muros de la comunicación y reducir la brecha entre el campo y su gente. (Bialar, 2017)

En su esencia básica, la agricultura consiste en proporcionar a la planta domesticada, por su capacidad de producir materiales deseados por el hombre, las óptimas condiciones de crecimiento (agua, sostén, minerales, luz, espacio, temperatura y tiempo) para lograr dicha producción. Es la transformación del medio ecológico y biológico en base a trabajo para lograr los productos deseados por la sociedad a través de flujos de energía iniciados por el proceso fotosintético de las plantas verdes. Es el manejo del complejo ecológico, biológico, tecnológico, energético y socioeconómico para la obtención de productos primarios de consumo humano, de los necesarios para la producción pecuaria y para la agroindustria. Es la ciencia y el arte de la producción vegetal y animal deseada (Hernández y otros, 2011).

La tecnología Agrícola, se aplica para ayudar a los cultivos, que sea más rápido ya sea el riego u otros, la tecnología aporta mucho a la agricultura, aunque aún se le tenga miedo.

Típicamente, los hogares de los pequeños agricultores son compradores netos de alimentos, es decir, compran más alimentos de los que consumen de su propia producción. Así, lo que está disponible en los mercados afecta sus compras de alimentos y su dieta. Los pequeños agricultores usualmente producen cierta cantidad de alimentos para auto consumo en el hogar para garantizar el acceso a los alimentos que necesitan o prefieren. Puede ser menos costoso o más conveniente cultivar algunos alimentos que comprarlos, particularmente considerando el costo del tiempo de las mujeres y el hecho de que las mujeres no siempre controlan el ingreso necesario para obtener alimentos nutritivos para la familia (Unidos, 2014).

Indica que los agricultores, también son compradores, es decir compran semillas, para generar producción, y así obtener ganancias y beneficios de los mismos de tal manera que no se encuentren perjudicados.

4.4. Producción de alimentos.

Para Maukonen (2009), manifiesta que la agricultura también desempeña un papel clave con respecto a la biodiversidad, que depende en gran medida del uso de la tierra. La expansión y sobre especialización de la producción agrícola y de la intensificación del uso de insumos, son consideradas como unas las principales causas de la fuerte disminución de las especies alrededor del mundo, así como la debilitación consecuente de adaptación ecológica de los sistemas agrícolas.

A medida que la población aumenta existen menos recursos y mayor explotación en los suelos la cual le va quitando espacio a otras especies que ayudan a mantener el ecosistema en un equilibrio, perjudicando el medio ambiente y las áreas agropecuarias del sistema.

4.5. Administración de unidades agrícolas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1985) define la “empresa agrícola” como el conjunto de recursos asociados al recurso tierra, normalmente bajo una misma administración, cuyo objetivo es la producción agrícola, ganadera, forestal y piscícola. Y esta misma organización entiende por “unidad familiar”

al grupo de personas que habitan una misma casa, están ligados entre sí por lazos económicos y frecuentemente dependen de una empresa agrícola (Troncoso, 2011).

La Administración agrícola incluye tanto los productos, así como aquellos que hacen real el cultivo del mismo, todo esto para generar motivación a todos y cada uno de los productores, así se genera un ambiente de tranquilidad.

4.6. Estadísticas agrícolas.

Una de las características fundamentales de la época actual es la necesidad de poseer sólidos conocimientos en el uso de las herramientas estadísticas, por el papel que esta ocupa en la solución eficiente en las investigaciones científicas, sin embargo, en el ámbito internacional se reportan dificultades en su aprendizaje en todos los niveles, así como problemas de preparación estadística que en general poseen los profesionales de otras ramas, como se puede observar en la figura 1. Paralelamente está la necesidad de actualizarse en modelos y otras herramientas estadísticas de avanzada cuyo uso favorecen las investigaciones y sistemas productivos (Fernández, Lara, Pereyra, Guerra, & de Calzadilla, 2013).



Figura 1 – Rendimiento toneladas por hectárea. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua- ESPAC 2017

Las estadísticas nos ayudan a conocer si los procesos están funcionando de la manera esperada o caso contrario, no funcionan y entonces se debería buscar una forma mejor de ayudar a mejorar el proceso productivo y que las estadísticas de producción mejoren, como se puede observar en la figura 2.

Al realizar un análisis de las provincias según la superficie de labor agropecuaria en el año 2017, se observa que Manabí lidera las provincias con mayor superficie de labor agropecuaria; de las cuales 766.774 hectáreas corresponden a pastos cultivados y naturales. (Roldan, 2017)



Figura 2 – Producción de ganado, leche, aves y huevos. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua- ESPAC 2017

4.7. Aplicaciones agrícolas móviles.

El sector agrícola cuenta hoy con un enorme y fascinante surtido de aplicaciones para móviles inteligentes que cubren, prácticamente, cualquier necesidad que el profesional del campo pueda tener. Estas aplicaciones móviles permiten a todos los involucrados en el sector (agricultores, agrónomos, comercializadores de insumos, asesores, agencias del gobierno, institutos de investigación, instituciones financieras, universidades, entre otros), ser mucho más eficientes, productivos y rentables en la producción agrícola.

Según Agronature (2018), se tienen algunas de las más interesantes aplicaciones móviles para el sector agrícola, las cuales permiten que el trabajo cotidiano sea mucho más fácil, las cuales se pueden apreciar en la tabla 1.

Aplicación Móvil	Descripción
Rain Alarm	¿Cansado de pronósticos que fallan? Rain Alarm te avisa con precisión sobre lluvia o viento que se esté acercando a tu localización usando alertas push.
Vademécum	Permite hacer consultas de los productos fitosanitarios del Ministerio de Agricultura por nombre, principio activo o titular, con información detallada de las dosis y plazos.
Infoagro	Accede a la pizarra de precios de frutas y hortalizas de España, precios de venta de productos hortofrutícolas en los mercados europeos y precios hortícolas en las grandes superficies pagados por el consumidor.
Portograno	Pensada para acceder a la base de datos del vademécum de semillas de Portograno. La función básica de la aplicación es la búsqueda de variedades.
Soy de Única	Plataforma para socios, trabajadores y empleados de Unica Group. Podrás consultar albaranes, rendimientos, muestreos, previsiones y otros servicios de la producción agrícola de cada campaña.
BASF Agro	Descubra y explore la amplia gama de productos que BASF puede ofrecer a la Industria Agropecuaria. Realidad aumentada.
Yara	Yara CheckIT es una aplicación de agricultura para smartphones consistente en una biblioteca fotográfica de cultivos, que permite una rápida identificación de posibles nutrientes.
Asaja Joven	Podrás acceder a todas las novedades y noticias para jóvenes agricultores, noticias de la Asociación y disfrutar de sus servicios.
FertiMatch	La app te dirá la cantidad de cada fertilizante que tienes que añadir al depósito para conseguir exactamente lo que necesita tu cultivo.
Biobest	Guía para el uso integrado de agentes de control biológico y polinizadores en combinación con productos de protección vegetal.
Trutina app	Controla los datos exactos de los cambios biológicos de la plantación dando apoyo clave para un riego adecuado. Necesario contar con el Sistema Trutina.
Agroptima	Te permite llevar un control de tu explotación agrícola gracias a la app y tu cuenta de tu ordenador. Tu cuaderno de campo listo en cualquier momento.
Plant Care	Con esta aplicación usted podrá encontrar el producto, la dosis y la aplicación necesaria para tratar a su cultivo de su plaga o enfermedad especifica. Marca la diferencia distinguiendo entre cultivos integrales y cultivos ecológicos.

Aplicación Móvil	Descripción
Farm Manager	Permite registrar los procedimientos de maquinaría y acceder a esa información de manera intuitiva para posteriormente crear un historial sobre el uso de fertilizantes, realizar un seguimiento del uso y mantenimiento de la maquinaría.
SIAR app	Es la aplicación del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente para la gestión de riegos. Esta app calcula las necesidades hídricas y dosis de riego de 104 tipos de cultivos.
Mide Mapas	Podrá realizar medidas sobre Google Maps para calcular distancias, perímetros y superficies con una exactitud total, tanto para medidas de un metro hasta medidas de varios kilómetros.
DEPI Crop Disease	Acceso rápido a las enfermedades que nos podemos encontrar en los cultivos con las diferentes ratios de resistencia, y fotografías para poder comparar. (Agronature, 2018)

Tabla 1 – Descripción de las aplicaciones móviles para tareas agrícolas

Las aplicaciones móviles son usadas cada vez de forma más frecuente por los agricultores y ganaderos, como es el uso de un mapa al usar una Google Maps. La movilidad ofrece múltiples beneficios para los trabajadores del campo optimizando sus procesos y mejorando sus rendimientos. Algunas de las funcionalidades clave que ofrecen las aplicaciones móviles para agricultores son las siguientes:

Funcionalidades	Descripción
Gestión de zonas cultivables mediante mapas y posicionamiento GPS.	Numerosas apps permiten la identificación de las parcelas que se trabajan con datos propios o servicios de terceros como los mapas de Google. Unido a este mapeo se asocian una serie de herramientas para calcular datos sobre la parcela en concreto: cantidad de semillas o abono necesario, productividad de la parcela, etc.
Gestión remota de diferentes dispositivos y herramientas de trabajo	En sistemas de riego, fumigación, etc. Los agricultores no tienen que desplazarse hasta las herramientas, las pueden gestionar de forma remota.
Control remoto de dispositivos robotizados con cierta autonomía.	Con el uso de drones para control de plagas o inspección y supervisión de zonas cultivadas.
Toma de datos en remoto para posteriormente ser sincronizados en la nube.	Algunas apps permiten capturar datos a pie de campo con un dispositivo móvil y luego sincronizar esos datos con una aplicación basada en la nube para tener centralizada toda la información de una explotación agrícola.
Sistemas de avisos para determinadas condiciones,	Como pueden ser atmosféricas, alertas para iniciar un proceso en una época determinada, informes para conocer el estado de una explotación en tiempo real, etc. Las ventajas de llevar nuestro móvil siempre encima nos permite recibir información relevante en cualquier momento.Toda la información al alcance de la mano. (Hafo, 2017)

Tabla 2 – Descripción de las funcionalidades de algunas aplicaciones móviles

Las aplicaciones móviles según INTAGRI (2016) son:

Aplcación Móvil	Descripción
Optimizer 2.0 (Actualizado).	Esta app utiliza datos de estaciones climatológicas cercanas y de sensores de humedad del suelo e indica el momento apropiado para activar el sistema de riego de acuerdo a la demanda del cultivo. El software permite que el agricultor o asesor edite fácilmente su programa de riego, esto es de gran utilidad cuando se presentan cambios bruscos de clima.
CP Products Calculators.	Esta app permite al usuario calcular la cantidad de producto a aplicar en las boquillas, tanto para aplicaciones al drench o foliares. Si necesitas saber cuál es mejor tip para su sistema de aspersión, el CP te puede ayudar a determinarlo y hacerlo más eficiente al momento de la aspersión o pulverización. (Android, iPad, iPhone).
Tothesheld.	Esta app fue desarrollada por Agrotypos SA, establece una red de comunicación de vendedores y compradores de productos agrícolas. Exportadores, importadores, brokers, revendores, cooperativas, agricultores y toda persona relacionada en productos agrícolas y ganadería pueden descargar esta aplicación y estar al tanto de nuevas ofertas y oportunidades de negocio. (iPad, iPhone)
Climate app.	Desarrollado por la Universidad de Nebraska-Lincoln, esta app ayuda al agricultor a monitorear la temperatura del suelo. Publica mapas que muestran recientes altas y bajas de temperaturas del suelo, esto con el fin de mantener al agricultor al pendiente de los cambios de temperatura que pudieran afectar a su cultivo. Presenta las siguientes opciones de monitoreo: 1) máxima temperatura del suelo del día anterior, 2) mínima temperatura del suelo del día anterior, 3) temperatura promedio del suelo de los últimos 7 días, 4) temperatura del suelo del día, y 4) precipitación total del día.

Tabla 3 – Descripción algunas aplicaciones móviles

5. Análisis de los resultados

Del procesamiento de la información de las 208 fincas encuestadas se obtuvieron los siguientes resultados:

Con respecto a la pregunta N°1 los resultados fueron que el 62% de los encuestados eran propietarios y el 37,9% por administradores, principalmente hijos o familiares de los dueños; siendo la mayoría de aquellos hombres, 59,13% frente a un 40,86% de mujeres;

Con respecto a las preguntas 2a, edad; 2b, sexo y 2c, nivel de instrucción los resultados fueron los siguientes: El 41% de los encuestados eran mujeres y el 59% varones; las edades de los consultados y su nivel de instrucción se representan en los siguientes cuadros:

Rango de edad	Porcentaje
20-29 años	11,05%
30-39 años	12,5%
40-49 años	24,03%
50-59 años	21,15%

60-69 años	17,3%
70-79 años	10,57%
80-89 años	3,36%

Tabla 4 – Definición de algunos estilos

Porcentaje	Nivel de Instrucción
El 2,4%	No tiene ninguna instrucción
El 50,48%	Tiene instrucción Primaria
El 34,61	Tiene instrucción Segundaria
El 12,5%	Tiene instrucción superior

Tabla 5 – Nivel de instrucción

La mayoría de los propietarios y administradores están en el rango de 40 a 59 años (45,18%); un poco más de la mitad (50,48%) posee instrucción primaria, y un 2,4% no tiene ninguna instrucción formal.

En lo referente a la pregunta N°4a, superficie de las fincas, se obtuvo la siguiente información:

No de Hectáreas	Porcentaje
1 - 5	72,11
6 - 10	21,63
11 - 15	2,88
16 - 20	0,48
21 - 25	1,44
26 - 30	1,44
Total	99,98

Tabla 6 – Número de Hectáreas

En cuanto al tipo de cultivo (pregunta N°4b) que tiene cada finca tenemos los siguientes resultados:

Tipos de cultivos	Porcentaje
Arroz	0,96
Banano	17,8
Cacao	55,28
Cacao. Plátano	10,57
Caña de azúcar	3,84
Frutas varias	2,88
Maíz	0,96

Palmas	0,48
Plátano	5,78
Tabaco	0,48
tomate	0,96
Total	99,99

Tabla 7 – Tipos de cultivos

La superficie de los predios investigados, están entre en su gran mayoría (93,74%) comprendidos entre 1 y 10 hectáreas, en su mayoría dedicadas al cultivo de ciclo largo (94,71%), representados principalmente por el cacao además del plátano y banano (83,65%).

Referente al ciclo de cultivo (pregunta N°5) que tiene cada finca tenemos los siguientes porcentajes: el 5,28% de los cultivos son de ciclo corto y el 94,71 son de ciclo largo

En la pregunta N° 6, referente a la forma como se lleva el control del negocio, los resultados fueron:

Tipos de control	**Porcentaje**
Llevan anotación a mano en un cuaderno	96,63%
Lleva control en hojas de cálculo	0,96 %
Llevan control con un sistema automatizado	1,44%
Llevan control en una aplicación app.	0.96%

Tabla 8 – Tipos de control

Respecto a la pregunta N°7 sobre si dispone de un sistema automatizado para controlar su negocio, los resultados fueron que el 97,6% no poseen ningún tipo de sistema automatizado para llevar el control del negocio; y el 2,4% si lo posee.

Respecto al control administrativo, financiero y de producción de las fincas, estas son llevadas en su gran mayoría (96,63%) en forma improvisada a base de cuadernos de notas o apuntes y solo un 3.36% cuenta con alguna forma de control tecnificado entre ellas el uso de una hoja de cálculo en computadora (Excel), sistema automatizado o alguna aplicación celular.

Con relación al bloque de preguntas del grupo 8a a la 8d, sobre la razón del porque no disponen de un sistema automatizado en su negocio, se pueden observar los porcentajes en la tabla No. 9 que se presenta a continuación.

Motivo	**Porcentaje**
Su alto costo económico	15,86%

La gran dificultad o complejidad de su manejo	29,80%
No conoce que exista dicho software	20,68%
El software no se ajusta a sus necesidades	33,65%

Tabla 9 – Motivo de no usar software

En la pregunta N°9, sobre si de existir un software apropiado, de bajo costo y fácil manejo lo adquiriría, las respuestas fueron.

Compraría el software	**Porcentaje**
De acuerdo	45,68
Parcialmente de acuerdo	17,78
No contesta	15,38
Parcialmente en desacuerdo	6,73
En desacuerdo	14,42

Tabla 10 – Compraría software

Finalmente y en lo que representaba el corazón de esta investigación que era la incógnita de por qué estos pequeños agricultores no utilizaba o había adquirido alguna forma más eficiente y técnica de llevar el control de pequeña unidad agrícola, los resultados fueron de que en su mayoría se abstuvieron de adquirirlo por considerarlo que no se ajustaba a sus requerimientos o necesidades específicas de pequeñas unidades productivas (33,65%), seguido de la dificultad de su operación o manejo (29,86%) particularmente considerando el nivel básico de instrucción, alto nivel de edad y habilidades manuales no muy finas, propias de la actividad manual diaria con la tierra y plantas; además de considerar muy alto su costo y el desconocimiento de que exista un software apropiado que le podría ayudar (36,54%).

Sin embargo, de lo anotado en el numeral anterior, más de la mitad de los encuestados (63,46%) se pronunciaron por la opción de que si comprarían un software que estuviera diseñado entre las características aquí anotadas, esto es, básicamente que este diseñado apropiadamente a sus requerimientos, sea de fácil manejo para ellos, su costo sea asequible, y se haga la suficiente difusión de sus características y facilidades.

6. Conclusión

El problema del campesino en el Ecuador es estructural, quienes dirigen y administran estas haciendas son personal que han tenido un bajo nivel de instrucción, los gobiernos anteriores no se han preocupado por brindarle la educación como derecho y con esta que tenga un buen manejo de sus parcelas para la administración y gerencia de las mismas.

Se pudo corroborar el control manual de las fincas y la necesidad imperiosa de automatizar los mismos por medio del uso de una app que les pueda optimizar los procesos. Del

mismo modo, se pudo constatar que en el sector donde se realizó el estudio, la mayor parte de los agricultores siembran cacao, plátano y banano.

Para el uso de app en este sector agrícola de la ciudad de Milagro, es de gran beneficio para el agricultor, debido a que esta tecnología, como el GPS y los sensores, van de la mano para optimizar todos los procesos. Además, en el sector donde se realizó el estudio en la ciudad de Milagro, se tiene cobertura óptima para la utilización del servicio celular y por ende, del uso de la tecnología por medio de app para el proceso productivo agrícola.

Los agricultores tradicionalmente se han basado en su experiencia e intuición para realizar las diferentes tareas del campo. En la actualidad, gracias a las tecnologías, se pueden tomar mejores decisiones por medio de una app con respecto a los diferentes cultivos basándose en datos obtenidos los cuales son precisos y actualizados. Los beneficios del uso de las apps en un futuro pueden ser innumerables con respecto a tener una mayor productividad y generar de esta manera una mejor rentabilidad.

Las apps, además de la automatización de los procesos, hacen posible el seguimiento y análisis de datos en tiempo real que permiten tomar decisiones más inteligentes, día a día para obtener los mejores resultados. Esto permitirá mejorar la producción al proporcionar información sobre qué tipo de cultivo es más rentable plantar, en qué fecha exacta y en qué terreno concreto o qué cantidad exacta de agua y fertilizante precisará dicho cultivo

Mediante la recogida de datos y el uso de las apps, los agricultores pueden anticiparse al futuro con la toma de decisiones oportunas para poder reducir el impacto ante posibles catástrofes.

Al culminar la investigación, se puede concluir que los agricultores están de acuerdo en la adquisición de software agrícolas con las características aquí estudiadas, viendo que no se tiene problemas por cobertura de los equipos móviles, pero que las apps estén diseñadas a los requerimientos de los mismos, sean de fácil manejo, costo accesible y se haga la socialización de sus características y facilidades, para de esta manera permitir optimizar los márgenes de venta de las cosechas de los agricultores.

Referencias

Agronature. (2018). Aplicaciones para la agricultura que debes conocer. agronature. Obtenido de http://www.agronature.es/articulos/aplicaciones-para-la-agricultura-que-debes-conocer

AGROWARE. (2014). Tecnología agrícola: ¿Qué es y cómo implementarla? Obtenido de http://sistemaagricola.com.mx/blog/tecnologia-agricola-que-es-y-como-implementarla/

Bialar (2017). Agro Marketing Bialar. Obtenido de Agtech.Tecnología Agrícola y Agricultura Digital en España y América Latina.: https://www.bialarblog.com/tecnologia-agricola-agtech-agricultura/

Fernández, L., Lara, A. M., Pereyra, A. M., Guerra, W., & de Calzadilla, J. (2013). Estadística Aplicada a la Ingeniería Agrícola y a las Ciencias Agropecuarias. Su contribución en la docencia, investigación y transferencia de conocimiento. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 22(2), 85.

Garcés, S. (2011). En Bienestar y sustentabilidad en el medio rural: herramientas y debates para una agricultura sustentable. Ecuador: FLACSO. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=-ZllgRGtE0gC&pg=PA27&dq=Fincas,+Haciendas,+0+unidades+agr%C3%ADcola+publicaciones+del+2010&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjRzfXxs-3eAhVkw1kKHRsoAUgQ6AEIJzAA#v=onepage&q=Fincas%2C%20Haciendas%2C%200%20unidades%20agr%C3%ADcola%20

Hafo. (2017). App para agricultores. Bogota - Colombia.

Hernández, E.; Inzunza, F.; Solano, C.; Arias, L.; Parra, R (2011). La tecnología del cultivo. Revista de Geografía Agrícola, núm. 46-47. Universidad Autónoma Chapingo Texcoco, México. Obtenido de: https://www.redalyc.org/pdf/757/75729625008.pdf

INTAGRI. (2016). Intagri. Obtenido de intagri: https://www.intagri.com/articulos/noticias/nuevas-apps-para-el-sector-agricola

Lajas, S. (2015). Sistema automatizado para la determinación de las condiciones de ensayo en los conjuntos agrícolas. Scielo Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.

Maukonen, T. (2009). Producción alimentaria. En P. Joyce Foresman, Mi comunidad, nuestra tierra. Estados Unidos: ESRI.

Méndez, N. O. (2015). Invernaderos automatizados para el desarrollo de la agricultura familiar en el Marco de la Seguridad Alimentaria. Revista Tecnológica.

Organizacion of American States, O. (2015). .4 Tecnología agrícola. Obtenido de http://www.oas.org/USDE/publications/Unit/oea34s/ch013.htm

Roldan, L. (2017). La Estadistica Agraria. Quito: Ecuador.

Salazar, A., & Cochet, H. (Julio-Diembre de 2016). Haciendas y campesinos lecheros en el Carchi (Andes húmedos del norte del Ecuador). Geografía Agricola.

Troncoso, J. (2011). PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS AGRICOLAS.

Unidos, A. (2014). ENTENDIENDO LA RUTA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS. Informe Técnico.

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

Recebido/Submission: 25/07/2019
Aceitação/Acceptance: 30/10/2019

Educar en el contexto digital: el reto de ser edutuber

López José Luis[1], Maza-Córdova Jorge[1], Tusa Fernanda[1]

jllopez@utmachala.edu.ec, jlmaza@utmachala.edu.ec, ftusa@utmachala.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Machala, 070201, El Oro, Ecuador

Pages: 188–200

Resumen: Este artículo busca identificar aquellos componentes claves dentro del performance audiovisual de los mejores edutubers (docente en YouTube) de Iberoamérica. Al respecto, se aplica la metodología cualitativa, a través de las técnicas de investigación, revisión bibliográfica, estudio de caso y análisis de contenido. Los criterios inclusivos para la selección de la muestra son: canales en español, región Iberoamérica, año 2017 y representantes de diferentes áreas del conocimiento, siendo un total de ocho estudios de caso. Las variables a ser analizadas son: número de seguidores, número de reproducciones, número de actualizaciones y número de interacciones. Como conclusión se infiere que los docentes universitarios tienen el reto de incorporar en sus procesos autónomos de enseñanza-aprendizaje las habilidades, capacidades y aptitudes que transmite el edutuber en la web a fin de adecuarse al nuevo perfil del estudiante en el tiempo histórico actual; es decir, demostrar flexibilidad paradigmática y empatía en un contexto digital.

Palabras-clave: Proceso de enseñanza-aprendizaje, tecnologías de la información y la comunicación, docente 3.0, edutuber, aprendizaje virtual.

Educate in the digital context: the challenge of being edutuber

Abstract: This article seeks to identify those key components within the audiovisual performance of the best edutubers (teacher on YouTube) in Latin America. In this regard, qualitative methodology is applied, through research techniques, literature review, case study and content analysis. The inclusive criteria for the selection of the sample are: channels in Spanish, Latin America, 2017 and representatives of different areas of knowledge, with a total of five case studies. The variables to be analyzed are: number of followers, number of reproductions, number of updates and number of interactions. In conclusion, it is inferred that university teachers have the challenge of incorporating in their autonomous teaching-learning processes the skills, abilities and aptitudes transmitted by the edutuber on the web in order to adapt to the new profile of the student in the current historical time; that is, demonstrate paradigmatic flexibility and empathy in a digital context.

Keywords*:* Teaching-learning process, information and communication technologies, teacher 3.0, edutuber, virtual learning.

1. Introducción

El pasado 17 de agosto de 2017 la ciudad de Barcelona sufrió un atentado por parte de una célula yihadista conformada por jóvenes menores de 30 años, todos educados en la ciudad de Ripoll, provincia de Girona, en la comunidad autónoma de Catalunya. Este evento marcó letalmente la vida de casi 20 personas y más de 100 heridos. En una entrevista con diario El País de España, la educadora social de los cuatro terroristas implicados declaró: "estos niños eran como todos, como mis hijos, eran niños de Ripoll, ¿Qué estamos haciendo mal? ¿Qué ha pasado? ¿En qué momento?" (El País, 2017).

Uno de los implicados, Younes Abouyaaqoub, era un chico modelo en su escuela, buen estudiante y con un promedio notable de notas. Asistía al colegio Abat Oliba Ceu y a futuro buscada graduarse en Ingeniería Eléctrica. Sus amigos de clase lo recuerdan así: "he was an exemplary student. Relaxed, pretty quiet and sort of shy. He never got into trouble like us. My father always held him up as an example, telling me I should be more like Younes" (El País, 2017).

Estos terroristas tienen algo en común: nacieron en el año 1995 y son parte de lo que se conoce como Generación Z, una tipología del nuevo estudiante a quien el docente del siglo XXI tiene el reto no solo de educar, sino de formar: jóvenes multitareas, nativos digitales, con una habilidad innata hacia las tecnologías y los idiomas. Sin embargo, ¿qué ocurre en su sistema de valores? ¿Cómo es su actitud frente al maestro? Tal y como pregunta la educadora social de Ripoll, los académicos hoy en día indagan ¿en qué estamos fallando al educar a las futuras generaciones?

En un ambiente mediatizado de tecnologías y de jóvenes involucrados plenamente en ellas, es que surge el presente trabajo de investigación. No se puede enseñar con los mismos recursos y metodologías áulicas con que el docente ha trabajado desde siempre. En la actualidad, el maestro tiene que desarrollar una actitud de anclaje o rapport con los jóvenes; es decir, "a close and harmonious relationship in which the people or groups concerned understand each other's feelings or ideas and communicate well" (DLE, 2017). En otras palabras, estar inmerso en el ecosistema digital del alumno, ser docentes 3.0.

En este sentido, el propósito inicial del artículo es que los catedráticos asuman el compromiso de ser educadores en una especie de realidad aumentada, donde el alumno perciba a más de calidad de contenidos, todo un repertorio de recursos, habilidades, y competencias propias del performance digital. Desde esta perspectiva, se plantean las siguientes preguntas de investigación, las mismas que se han establecido después de la revisión bibliográfica y contextual del tema-objeto de estudio, situadas históricamente en el escenario de la Sociedad del Conocimiento:

- ¿Qué es lo que hace el edutuber para ser considerado un paradigma de enseñanza-aprendizaje en la Sociedad del Conocimiento?
- ¿Cuáles son las buenas prácticas del docente 3.0 a ser incorporadas en el aula de clase?
- ¿Cómo una clase presencial y análoga puede transformarse en una experiencia digital mediante el performance del docente?
- Para ello, se plantea el siguiente objetivo general:
- Caracterizar las buenas prácticas pedagógicas de los edutubers de mayor notoriedad en la región iberoamericana, año 2017.

- Los objetivos específicos se establecieron así:
- Identificar los recursos didácticos que utilizan los edutubers para el desarrollo de sus clases.
- Determinar el estilo discursivo, de lenguaje y de comunicación por parte de los edutubers frente a su audiencia de usuarios y seguidores.

El trabajo consta de cuatro apartados, los cuales son descritos a continuación:

- En un primer momento se establece el desarrollo conceptual de los conceptos claves que guían la investigación.
- Después, se enmarca la metodología y las técnicas que se aplican para la recolección de datos e información en torno al objeto de estudio.
- Se presentan los resultados y discusiones en base del análisis tanto de las investigaciones previas como de los hallazgos obtenidos.
- Las consideraciones finales del estudio se enuncian a manera de conclusión, focalizando el rol de la educación y las nuevas tecnologías.

2. Desarrollo conceptual

Este apartado expone una revisión bibliográfica de las siguientes variables temáticas: 1) Sociedad de la Información y Sociedad del Conocimiento, 2) Edutuber: definición y características y 3) El nuevo paradigma de aprendizaje y las nuevas tecnologías.

2.1. Sociedad de la Información y Sociedad del Conocimiento

El escritor y futurista estadounidense Alvin Toffler (Toffler, 1980) propuso en su libro La Tercera Ola que la tecnología y los modelos de producción que han predominado en diversas etapas de la historia de la humanidad, determinaron la conformación de tres grandes civilizaciones, a las cuales denominó: sociedades agrícolas, sociedades industriales y sociedades posindustriales (llamadas posteriormente sociedades de la información).

En aquella época, Toffler (1980) advierte sobre la crisis en la que habían entrado las sociedades industriales. En cierto modo, este autor pronostica el advenimiento de un nuevo modelo posindustrial, cuyo eje principal es la información y sus cambios en las relaciones de economía, familia, trabajo, estilos de vida y formas de comunicación.

El término Sociedad de la Información se popularizó años más tarde, a medida que las tecnologías de la información y la comunicación se iban consolidando e introduciéndose cada en cada uno de los aspectos de la sociedad.

Independientemente de las variadas conceptualizaciones que el término sociedad de la información recibía de parte de los diversos autores que se interesaron en el tema, la mayoría de ellos concordaban en que la humanidad había entrado en un nuevo modelo de generación de riqueza, basado principalmente en la información y en la comunicación, el cual desplazaría a un segundo plano a la tierra y al capital, ejes principales de la producción durante la saliente Revolución Industrial.

De esta forma, el paradigma de la Sociedad de la Información fue adoptado por parte de gobiernos y empresas del sector tecnológico, como un indicador de desarrollo para

los pueblos. Para lo cual se consideraron aspectos como la innovación tecnológica, conectividad, canales de transmisión de datos, espacios de almacenamiento, dispositivos digitales; formando la impresión de que el nuevo desarrollo de una estaba determinado en función de la información (Heredia & Martínez, 2016) que una nación, región o comunidad estaba en capacidad de acceder y gestionar.

Sin embargo, en los últimos años se han generado discrepancias en base a la idea de que la abundancia de información y el acceso a ella, constituyen un verdadero indicador de desarrollo social. Es a partir de estos desacuerdos que aparece el paradigma de la sociedad del conocimiento, el cual a decir de Díaz (2011) se refiere al conocimiento teórico y a la información especializada que tiene como finalidad la educación, la investigación y la solución de problemas.

Según Tobón, Guzmán y Cardona (2015) el concepto de Sociedad del Conocimiento, desde una postura humanista de compromiso con la calidad de vida, se diferencia de la sociedad de la información, debido que este paradigma se basa en la construcción de comunidades donde los ciudadanos trabajen de manera colaborativa, con la finalidad de aplicar sus conocimientos para encontrar soluciones a problemas de su interés, apoyándose en las tecnologías de la información y la comunicación.

Las sociedades del conocimiento, continúan estos autores, todavía se encuentran en etapa de consolidación, debido a que la mayor parte de los procesos en la actualidad aún están centrados en los modelos de la sociedad industrial y de la información, por lo cual es necesario transformar los sistemas educativos a través de la socioformación, la cual consiste en un enfoque orientado a la formación integral, mediante el análisis y resolución de problemas, en base a la articulación de saberes de diversos entornos y disciplinas, respaldados en el trabajo colaborativo (Tobón et al. 2015).

Con base en las ideas anteriores se puede realizar una diferenciación de conceptos entre sociedad de la información y sociedad del conocimiento. La primera es aquella que está determinada por la abundante cantidad de información que circula diariamente gracias de las TIC. Mientras que la segunda constituye un nuevo paradigma, en el cual las personas participan activamente en el proceso de transformación de la información en conocimiento con la finalidad de resolver problemas, el cual a la vez es compartido con otras personas, mediante las tecnologías de la información y comunicación, especialmente los medios colaborativos con base en internet.

2.2. Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs)

En la actualidad, las tecnologías de la información y la comunicación ya no son exclusivas del mundo digital. En el presente, las TICs forman parte de nuestra cotidianidad, las usamos para comprar, aprender, compartir con amigos, tomar decisiones, publicar contenido y mantener nuestra vida social activa.

En este escenario, el desafío de los sistemas educativos de todo el mundo es lograr que los estudiantes utilicen las tecnologías de la información y la comunicación de manera eficiente, haciendo uso de las herramientas y de los conocimientos necesarios que se requieren en el siglo XXI.

En este ecosistema mediático, plataformas, aplicaciones y redes sociales toman un gran posicionamiento entre los jóvenes y es ahí donde las escuelas y las universidades deben prestar mayor interés y comenzar a actualizar las formas de enseñanza-aprendizaje. (Gonzalo et al., 2014; Aran-Ramspott et al., 2018). Como menciona Simona Tirocchi (2019):

> *(...) la escuela no está muerta, sino que sigue siendo una agencia educativa insustituible. Cabe decir que la escuela no debería formar o "estructurar" a los alumnos de modo pasivo, imponiéndoles una identidad preestablecida, sino favorecer formas de interacción y de reflexión crítica que ha de darse entre la escuela, los profesores y los estudiantes; dicho de otro modo, un proceso circular de reestructuración y transformación recíproca. (p. 209)*

2.3. La figura emergente del *edutuber*

Para comprender el significado de lo que representa un edutuber, se debe partir de la expresión youtuber, debido a que el primero corresponde a una variación del segundo. La expresión youtuber no ha tenido la misma connotación desde su aparición hasta la actualidad, pues ha sido asociado a diversos significados dependiendo del proceso evolutivo que ha sufrido YouTube.

No hay registros del uso del término youtuber durante los primeros años de esta plataforma, en la época en que predominaban los videos caseros de situaciones cotidianas. Según Moreno (2013) la palabra youtuber aparece por primera vez en el año 2009, en el informe ¿Quiénes son los youtubers?, realizado por la empresa TNS Technology para YouTube, con el objetivo de identificar los perfiles más comunes de los usuarios de esta plataforma de video, donde se utilizó youtuber para referirse a las personas que usaban YouTube.

Posteriormente, esta red social sufrió una evolución en sus contenidos, los cuales se orientaron hacia dos vertientes: por un lado, los temas de carácter práctico dirigidos a un público mayor. Por ejemplo, los videos de cocina o manualidades. Por otro lado, los más jóvenes se inclinaron hacia temáticas con un enfoque de entretenimiento (Berzosa, 2017).

Es en esta etapa cuando la palabra youtuber comienza a relacionarse principalmente con jóvenes productores que difunden videos a través de YouTube, principalmente bajo el formato de videoblog. Más adelante, con la consolidación del modelo de negocio de YouTube, que permitió a quienes producían vídeos ganar dinero mediante la monetización de la publicidad, se consolida el uso del término youtuber para referirse a un "usuario que produce, sube y publica sus propios vídeos, en la plataforma de YouTube, teniendo altas visualizaciones a sus vídeos y/o grandes números en los suscriptores de su canal, logrando ser influenciador y obtener un ingreso por ello (Universia, 2015). En la actualidad, también se puede conceptualizar a los youtubers como:

> *(...) creadores de contenido que graban en vídeo piezas sobre sí mismos o sobre su entorno, que protagonizan dichas piezas o que administran esos contenidos en un canal de YouTube; ellos son los responsables últimos de los contenidos que comparten en YouTube, su soporte y medio de expresión. Suben contenidos a la Red centrándose principalmente en los más jóvenes, pero no solo en ellos.*

> *Y son muy jóvenes, pero no todos, lo cual también es interesante. Los hay de tantos tipos como temáticas y personalidades diferentes podamos imaginar. Desde asuntos personales a videojuegos, guías y tutoriales, miniseries, música, humor, animaciones Sí, el espectro es enorme (Berzosa, 2017, p. 16).*

La definición anterior es válida para los objetivos de este trabajo, debido a que se refiere a los creadores de contenido para YouTube, quiénes son responsables de todo el proceso de producción de los videos y de la administración de sus canales, indiferentemente de la edad y la temática, reconociendo que en un principio eran principalmente jóvenes bajo el formato de videoblog. Sin embargo, con pasar del tiempo se han sumado personas de diversas edades y con una variedad de formas de trabajo.

Partiendo de esta idea se define a un edutuber como una clase de youtuber cuyos videos están orientados a la enseñanza y formación, tanto de disciplinas que se encuentran dentro de los programas de estudio de las instituciones de educación formal, como de otro tipo de conocimiento destinados a la orientación o solución de algún problema, a quienes se los puede categorizar como educación informal.

Un edutuber es una persona que enseña a través de YouTube, indiferentemente de la temática, la edad o el sexo, el único requisito es que use esta plataforma de videos para compartir conocimientos de tipo formativo. Tampoco se considera su nivel de popularidad, puesto que como cualquier otra profesión existen edutubers que pueden ser muy populares y aquellos que no lo son.

Es importante examinar que el término edutuber se refiere al personaje, más no al canal; es decir, para que alguien pueda ser considerado dentro de esta categoría debe tener protagonismo y presencia física dentro de los videos que se publican. Por tanto, este artículo se centra en el análisis de los edutubers con altos índices de seguidores (suscriptores) que se encuentran en la categoría de educación formal. Es necesario aclarar que, si bien existen edutubers que enseñan materias no tradicionales, nuestro trabajo los excluye como población de estudio, ya que esto sería materia de otra investigación.

2.4. El nuevo paradigma de aprendizaje y las nuevas tecnologías

La perspectiva tradicionalista de la construcción de aprendizajes se ha centrado en calificar la asimilación del conocimiento mediante evaluaciones del desempeño, productos o actividades de aprendizaje que no necesariamente reflejan la asimilación o acomodación de nuevos conocimientos en la memoria a largo plazo (Gil Flores y Padilla, 2009).

De ahí que se logra comprender la diferencia entre lo que representa el aprender un contenido y lo que realmente es considerado un aprendizaje significativo, para lo que se requiere integrar formas alternativas de dicho aprendizaje que considere el desarrollo de habilidades cognitivas o la integración de nueva información en los esquemas de conocimiento.

Basados en la teoría constructivista el individuo aprende significativamente cuando es capaz de encontrar sentido al nuevo conocimiento, al relacionarlo con lo que ya saben o integrarlo dentro de sus propios esquemas cognitivos (Romero y Quezada, 2014). De esta forma, el conocimiento previo se vuelve protagonista en el proceso de

asimilación de nueva información. Al respecto, autores como Romero y Quezada (2014) señalan que:

> *(…) desde el enfoque constructivista, el entender la influencia de las ideas previas y reflexionar sobre su origen nos permitirá comprender de mejor manera el modo en que los individuos desarrollan el conocimiento y de esta forma construir aproximaciones más eficaces para promover el aprendizaje significativo de los conceptos y teorías científicas (p. 102).*

En la actualidad, el aprendizaje significativo y el constructivismo son la base de una buena enseñanza. Sin embargo, en el sistema educativo aún se ven manifestados rezagos conductistas que sin lugar a dudas deben ser desplazados de forma gradual. Cabe mencionar además que la educación contemporánea ha sido influenciada en las últimas décadas por la acelerada evolución tecnológica (Adell, 1997; Baelo y Cantón, 2009, Marqués, 2000). Este entorno cambiante exige una constante actualización en el dominio tanto de conocimientos como de habilidades, así lo afirma Ferro Soto et al. (2009). De ahí que se vuelva indispensable una educación y formación continua para la vida, donde la aprehensión de conocimientos, destrezas y valores sirvan para desenvolverse adecuadamente en el entorno social y laboral.

Finalmente, autores como Hennessy et al. (2007) ponen de manifiesto que, si bien en la actualidad el sistema educativo busca acoplarse a estas nuevas tecnologías, su utilización no representa la mejora del aprendizaje, incluso muchas veces esta información es erróneamente interpretada por los individuos que pueden reforzar sus errores conceptuales. El reto será el aprendizaje significativo, personalizado, autónomo y con base en la resolución de problemas vinculados a la realidad práctica y contextual de los egresados.

3. Metodología

Se aplica la metodología cuali-cuantitativa que consiste en el uso de las siguientes técnicas de investigación: revisión bibliográfica, estudio de caso y análisis de contenido.

- Objeto de estudio: performance digital de los edutubers.
- Criterios de inclusión: canales en español, región Iberoamérica, año 2017.
- Variables a ser analizadas: número de seguidores, número de reproducciones, número de actualizaciones y número de interacciones. Estas variables fueron seleccionadas porque permiten cuantitativamente elegir los edutubers más populares en la región hispanoamericana, a partir del tráfico que generan en la red y las audiencias que convocan.

Para la aplicación del análisis de contenido se tomó como referencia la matriz de evaluación de vídeos didácticos elaborada por Romero-Tena, Ríos-Vásquez, Román-Gravan (2017) la cual fue adaptada para este estudio en la selección de sus preguntas, así como en el monitoreo de sus resultados, siendo estos últimos tabulados mediante *Google Form*. Los aspectos evaluados fueron: 1) curriculares, 2) técnicos, estéticos y expresivos, 3) pedagógicos, 4) discursivos del lenguaje y comunicación, 5) accesibilidad. Cada uno de estos aspectos contiene ítems evaluados en una escala del 1 al 5.

4. Resultados

A continuación, se analiza el perfil individual de los ocho edutubers.

- Canal: Aprende Lengua y Literatura con Claudia.
- Análisis del edutuber: En este video se destacan aspectos curriculares-pedagógicos tales como: enunciar el tema, el objetivo de la clase y los contenidos que se presentan. También se evidencia el uso de ejemplos prácticos en cuanto a ortografía y gramática. En lo que respecta a la parte técnica, resalta la calidad de video y de audio. Del mismo modo, emplea cortinas de entrada y de salida, así como gráficos, carteles y créditos. Además, no utiliza elementos tradicionales de enseñanza (pizarra, tarjetas, afiches, etc.). En la parte de lenguaje y comunicación remarca su discursividad informal, la interacción frente a la cámara y el tono cómico con que se expresa.

- Canal: Alejo Lopera Inglés.
- Análisis del edutuber: En aspectos curriculares-pedagógicos se evidencian elementos como: enunciar tema, objetivo de clase y contenidos que se presentan. Se destaca ejemplos y estudios de caso relacionados con la vida y las historias anecdóticas. En la parte técnica se aprecia un nivel aceptable de vídeo y audio, aunque no oferta calidad profesional. Por otro lado, no utiliza cortinas de entrada ni de salida. Sin embargo, sí recurre al uso de textos y gráficos para complementar sus clases. Asimismo, no utiliza elementos tradicionales de enseñanza como pizarra, tarjetas, afiches, etc. En cuanto al uso lenguaje, enfatiza su tono dinámico de discursividad con un enfoque medianamente informal, acompañado de su interacción frente a cámara y la expresividad de sus gestos.

- Canal: Unicoos (David Calle).
- Análisis del edutuber: Dentro de los aspectos curriculares-pedagógicos se evidencia: tema, objetivo y contenidos del video, así como también el uso de ejemplos prácticos para la comprensión de la parte teórica. En el análisis del aspecto técnico predomina la calidad de video y del audio de modo satisfactorio. Otros elementos presentes son: cortinillas de presentación y de despedida, recursos gráficos, carteles y créditos, utilizados de forma adecuada. Además, en sus aspectos didácticos, se distingue el uso de recursos tradicionales como pizarra y de elementos adicionales (animaciones, infografías, realidad aumentada). Por último, en el aspecto de la comunicación, prepondera su discursividad informal, la interacción frente a la cámara y su lenguaje formal.

- Canal: Quimiayudas
- Análisis del edutuber: Analizando el aspecto curricular-pedagógico, Jonathan enuncia el tema de clase, el objetivo y los contenidos que abordará durante el tutorial. Utiliza recursos tradicionales como la pizarra para la explicación metodológica del tema o ejercicio. Explica paso a paso cómo resolver el ejercicio y relaciona cada nuevo conocimiento con conocimientos previos explicados en videos anteriores. En cuanto a aspectos técnicos tanto el video como el audio son considerablemente apropiados, no presenta cortinas de presentación y despedida, ni animaciones de imágenes o elementos que acompañen su discurso narrativo. Por otro lado, el aspecto discursivo, su presentación se acompaña

del uso gestual y expresivo de la comunicación verbal y no verbal y el contacto visual con la cámara. El tono de voz es apropiado y la terminología que aplica es apropiada según los temas referidos.

- Canal: Álvaro Tejedor.
- Análisis del edutuber: En el aspecto curricular-pedagógico, y al inicio del video, Tejedor enuncia el tema de clase, el objetivo que persigue y los contenidos que abordará en los próximos minutos. Su metodología aplica testimonios, anécdotas y casos de la vida real. No utiliza recursos tradicionales ni tecnológicos; sin embargo, trae a escena, en su videosalón de clase, a un invitado externo con quien refuerza los contenidos y practica de forma real aquello que enseña, en este caso es el tema de la asertividad. Se observa calidad de audio y de video, así como el uso de cortinas de entrada y salida. En cuanto al aspecto discursivo, su presentación se acompaña del uso gestual y expresivo de la comunicación verbal y no verbal. El tono de voz es apropiado y su lenguaje es académico. Finalmente, su interacción con la cámara es natural, sin poses ni formalidades.

- Canal: Rodrigo Palco.
- Análisis del edutuber: En el aspecto curricular-pedagógico, este edutuber enuncia el tema, el objetivo que persigue y los contenidos de clase. En cuanto a los contenidos, se limita a transmitir información gramatical que la complementa con ejercicios y oraciones. La calidad de audio y de video es notable, pero podría mejorarse, no utiliza cortinas de entrada y de salida; sin embargo, tiene activadas varias opciones de subtítulos y presenta carteles indiciales de su propio canal. Su recurso didáctico es una pizarra y carece de complementos tecnológicos. En cuanto al aspecto discursivo, su videoclase tiende a la monotonía, no demuestra suficiente interacción con la cámara y su actitud seria provoca poca empatía en la audiencia. Igualmente, su lenguaje es formal y su gestualidad es limitadamente expresiva, tanto en sus señas mímicas como faciales.

- Canal: Julio Ríos Gallego (Julio Profe)
- Análisis del edutuber: En el aspecto curricular-pedagógico, Ríos enuncia el tema de clase junto a su respectivo objetivo y contenido. Su recurso didáctico es una pizarra y no utiliza elementos tecnológicos adicionales. Su metodología es práctica, explica el proceso matemático de resolución de ejercicios paso a paso. Al final del vídeo, logra la consecución de su objetivo inicial. Del mismo modo, se observa baja calidad de audio-video. De igual manera, carece de cortinas de entrada y de salida. En cuanto al aspecto de lenguaje y comunicación, no se observa al docente en un 100%; de hecho, no existe interacción con la cámara. El tono de voz es apropiado, con buena entonación y modulación de las palabras. Finalmente, su lenguaje es sencillo, simple y comprensible.

- Canal: Diana Uribe-Casa de la Historia
- Análisis del edutuber: En el aspecto curricular-pedagógico, Uribe solo enuncia el tema de clase, más no los objetivos ni el contenido que abordará a posterior. Su metodología se basa en el diálogo con el usuario, interpela con una serie de preguntas a la audiencia y deja muchas interrogantes sin contestar, propio de la técnica socrática de educación, fomentando así el aprendizaje autónomo

y autodidacta. No tiene ningún recurso didáctico ni tecnológico. Sin embargo, utiliza referencias indiciales del logo de su canal, así como de su sitio web. Se observa una excelente calidad de audio-video. De igual manera, su presentación carece de cortinas de entrada y de salida. En cuanto al aspecto de lenguaje y comunicación, existe interacción frontal con la cámara, la gestualidad es apropiada y el tono de voz y la modulación de las palabras reafirman sus enseñanzas. Su lenguaje es académico, lo que muestra congruencia con el sentido de divulgación científica de su canal.

Para finalizar con la sección de resultados se sistematizan las buenas prácticas pedagógicas de dos edutubers destacados por su alta audiencia en la web, así como por haber sido reconocidos con galardones educativos internacionales. Es el caso de *JulioProfe* y David Calle, quienes accedieron a una entrevista para la elaboración de la matriz de información que se expone (ver tabla 1):

La forma de explicar	Se resalta la sencillez del lenguaje, explica de forma pausada el uso de recursos como ejemplos y metáforas que facilitan la comprensión del mensaje.
El tono de voz	*Julioprofe* asegura que se preocupa por mantener un tono de voz agradable y respetuoso, para generar empatía con las personas. En todos los videos analizados se apreció esta característica.
La caligrafía	*Julioprofe* también manifiesta que contar con una buena caligrafía es un factor importante para los *edutubers* que realizan sus explicaciones en pizarras.
La energía	Según *David Calle*, la pasión y la energía positiva con la que se transmiten las clases influyen en la confianza y en los deseos de superación de los estudiantes.
Enfoque positivo	Los videos analizados presentan un enfoque positivo, no se evidenciaron actitudes negativas como críticas, confrontaciones o pesimismos.
Imagen	*Julioprofe* resaltó el hecho de que él aparece en los videos, lo cual tiende a generar la sensación de estar en una clase particular con el profesor.
Comunicación bidireccional	En los videos de los sujetos de estudio se identificó acciones orientadas a generar interacción y debates, lo cual según los entrevistados, es un valor añadido de *YouTube* que permite diferenciarse de las dinámicas de los medios de comunicación tradicionales.
Originalidad	Los *edutubers* de este estudio tratan de recurrir a elementos que les permitan hacer más atractivos sus videos. Por ejemplo, David Calle manifestó que utiliza jugadas de futbolistas famosos, extractos de series o películas para explicar aspectos formales de la física.

Tabla 1 – Buenas prácticas pedagógicas encontradas en los sujetos de estudio

La información de la tabla 1 muestra que los sujetos de estudio cuentan con habilidades comunicativas y pedagógicas eficaces para que las personas entiendan sus contenidos, lo cual también se sustenta en los resultados del análisis de los videos donde se identificaron elementos de oratoria utilizados en sus producciones tales como: vocalización, lenguaje sencillo, dirigir el contenido con preguntas, utilizar ejemplos y comparaciones, uso de recursos audiovisuales, dinamismo e incluso humor. Es importante recalcar que cada *edutuber* tiene su propio estilo determinado por el uso de algunos recursos que no son necesariamente utilizados por otros.

5. Conclusiones

Al término de esta investigación se considera que el fenómeno emergente de la figura del *edutuber* en la red es un análisis imperativo que debe darse en la academia a fin de reflexionar sobre las prácticas pedagógicas que se suscitan en el Escenario de Educación Superior, las cuales no pueden estar desvinculadas del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs); al contrario, hoy más que nunca es meritoria su inserción en los procesos de enseñanza-aprendizaje, a modo de metodologías activas que propicien la construcción de la ciudadanía digital de los discentes.

Es relevante que esta nueva corriente de *e-learning*, aprendizaje inmersivo y educación ubicua vengan a dinamizar las escuelas tradicionalistas que han dominado, de manera histórica, las prácticas pedagógicas universitarias. Al respecto, el *edutuber* demuestra ser un paradigma alternativo de aprendizaje autónomo y a ello se debe su éxito en la red. Dicho esto, y a manera de consideración final, se enuncian las siguientes conclusiones:

- Los edutubers han empoderado a los estudiantes dentro de la dinámica del aprendizaje colaborativo, gratuito y accesible, lo que ha aumentado la interdisciplinariedad de propuestas educativas en diversos canales de *YouTube,* ya que no se limitan a un área específica del conocimiento, sino que demuestran riqueza de contenidos que complementan y retroalimentan la educación formal del aula de clases, modalidad presencial.
- Un docente 3.0 no requiere softwares especializados o materiales didácticos exclusivos, pues su trabajo precisa de un ordenador y de conexión a Internet. Aunque su metodología pareciera simple de ser ejecutada, su éxito está en dependencia de competencias pedagógicas, curriculares y discursivas suficientes para generar aprendizajes significativos en los estudiantes.
- Es importante un involucramiento activo del docente a fin de implementar ideas y nuevas rutinas en sus prácticas regulares educativas. Además, la interacción, discusión y debate suscitado en los comentarios y la retroalimentación del edutuber generan una democratización de contenidos, posicionando al estudiante en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En cuanto a los objetivos establecidos al inicio del trabajo de investigación se cumplieron así:

- Se logró caracterizar las buenas prácticas pedagógicas de los edutubers de mayor notoriedad en la región iberoamericana, año 2017, a través del levantamiento de información, monitoreo y selección de la muestra. Para caracterizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los ocho edutubers se trabajó con una matriz previamente testeada por Romero-Tena, Ríos-Vásquez, Román-Graván (2017) y finalmente se evaluó sus aspectos didácticos, pedagógicos, curriculares, discursivos y de accesibilidad.
- De modo general se observa que el cybersalón de clases es una combinación de recursos didácticos tradicionales, como pizarra, junto a las animaciones multimedia, infografías y microcápsulas simultáneas de realidad aumentada. Esto evidencia que los usuarios aún sienten necesidad de una enseñanza análoga y digital al mismo tiempo, que rescate de ambas experiencias sus bondades y

ventajas competitivas, en aras de construir aprendizajes significativos, prácticos y vinculados a la vida social del estudiante.

- El estilo discursivo, de lenguaje y de comunicación de los edutubers refleja valores como: cercanía, familiaridad, concisión y comprensión. El uso del diálogo coloquial e informal también es bien visto por los usuarios, incluso se premia la naturalidad y espontaneidad como valores supremos de un edutuber. Su performance es una actuación rigurosa en cuanto a comunicación verbal, gestual y narrativa. No solo transmite llanamente información, estamos frente a estrategas que venden una imagen de camaradería y empatía hacia las necesidades y las demandas de sus seguidores. Allí radica su éxito, puesto que más allá del sentido lógico y la cientificidad de sus contenidos, se premia la resignificación de la clase tradicional por una clase más íntima, personalizada, horizontal, con retroalimentación constante y comunicación integradora y altamente humana.

Referencias

Adell, J. (1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 7.

Aran-Ramspott, S., Fedele, M., & Tarragó, A. (2018). YouTubers' social functions and their influence on pre-adolescence. *Comunicar, 26*(57), 71–80.

Berzosa, M. (2017). *Youtubers y otras especies*. Barcelona: Ariel.

Cantón, I. y Baelo, R. (2009). El profesorado universitario y las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC): disponibilidad y formación. *Educatio Siglo XXI, 29*(1), 263–302.

Díaz, A. (2011). Información y sociedad del conocimiento en América Latina. *Biblioteca Universitaria, 14*(1), 18–125.

Diccionario Lengua Española (DLE) (2017). Definición de rapport. *RAE*. Recuperado de: http://dle.rae.es/?id=AdY6ROX

Ferro Soto, C.; Martínez Senra, A.; Otero Neira, M. (2009). Ventajas del uso de las Tics en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 29, 1–12.

Gil Flores, J; Padilla Carmona, M. (2009). La participación del alumnado universitario en la evaluación del aprendizaje. *Educación XXI*, 43–65.

Gonzalo, S. B., Domínguez, E. C. & García, M. R. (2014). Prosumidores mediáticos en la comunicación política: el «politainment» en YouTube. *Comunicar, 22*(43), 65–72.

Henessy, S.; Ruthven, K.; Brindley, S. (2007). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change. *Journal of Curriculum Studies, 37*(2).

Heredia, F. J. G. & Martínez, R. R. (2016). Implicación de la educación en la sociedad del conocimiento, información y comunicación. *CULCyT, 13*(59), 358–364.

Marqués, P. (2000). Funciones de los docentes en la sociedad de la información. *Revista Sinergia*, 10, 5–7.

Moreno, A. (2013). *Homecasting: Visualidades contemporáneas. Acerca de contenidos audiovisuales de producción casera publicados en el portal YouTube*. La Plata: Argentina.

Rodríguez, M. (2017). Una educadora social de Ripoll: Eran como todos, como mis hijos. *El País*. Disponible en: https://bit.ly/2nNOYDV

Romero, M., Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 32*(1), 101–115.

Romero-Tena, R.; Ríos-Vázquez, A.; Román-Graván, P. (2017). YouTube: Evaluación de un catálogo social de vídeos didácticos de matemáticas de calidad. *Revista Prisma Social,* 18, 515–539.

Tirochi, S. (2019). Profesores y nuevas responsabilidades de mediación cultural: Escenarios y estímulos en un contexto italiano (pp. 203-210). En *Competencia mediática y digital: Del acceso al empoderamiento*. Grupo Comunicar Ediciones.

Tobón, S., Guzmán, C., & Cardona, S. H. J. (2015). Sociedad conocimiento: estudio documental desde perspectiva humanista y compleja. *Revista Paradigma,* 36(2), 7–36.

Toffler, A. (1980). *La Tercera Ola*. New York: Batam Books.

Universia. (2015). Youtuber: qué es y cuánto gana. *Universia*. Disponible en: https://bit.ly/1Q8DSib

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

Recebido/Submission: 23/09/2019
Aceitação/Acceptance: 18/11/2019

Desarrollo de un prototipo para medición de signos vitales de adultos mayores que utilizan prótesis de miembro inferior

Francisco Jurado[1], Erika Escobar[1], Mario Basurto[1], Alex Sanchez[1].

fjurado@uisrael.edu.ec, eescobar@uisrael.edu.ec, obasurto@uisrael.edu.ec, alexedusan@gmail.com

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 201–212

Resumen: En este trabajo se presenta el desarrollo de un dispositivo de monitoreo de signos vitales para una persona mayor con discapacidad física específicamente en una prótesis de miembro inferior derecho, con el objetivo de poder visualizar los valores de la frecuencia cardiaca, temperatura corporal, saturación de oxígeno en la sangre y la tensión arterial, mediante el empleo de sensores no invasivos conectados al microcontrolador ESP32 y mediante una conexión inalámbrica utilizando tecnología bluetooth por medio de una aplicación mostrar estos datos en un dispositivo *smartphone*.

Palabras-clave: signos vitales, sensores, prótesis, dispositivo, adulto mayor.

Development of a prototype for measuring vital signs of older adults using lower limb prostheses.

Abstract: This paper presents the development of an electronic device whose characteristics allow it to be adaptable to a prosthesis of the lower limb used by an elderly or elderly person with the aim of being able to carry out constant monitoring through a smartphone device vital signs such as heart rate, body temperature, blood oxygen saturation and blood pressure, through the use of non-invasive sensors and wireless data transmission.

Keywords*:* vital signs, sensors, prosthesis, device, elderly.

1. Introducción

Los cambios a los que la sociedad se expone día con día relacionados a la globalización, el avance en la tecnología, la migración entre otros, que influyen de forma directa e indirecta en la vida de todas las personas más aún en aquellas consideradas como adultos mayores como lo menciona la Organización Mundial de la Salud (OMS), a pesar de que el número de generaciones supervivientes ha aumentado estas probablemente

viven más separadas en la actualidad que en el pasado obligando a generar respuesta tanto en la salud pública como con políticas que permitan balancear las tendencias actuales y futuras en este campo (OMS, 2019).

En este campo la Organización Mundial de la Salud principal impulsor del término "envejecimiento activo" relacionado con el generar las condiciones para que mejoren la calidad de vida las personas a medida que envejecen permitiéndoles la participación en sociedad ya sea por medio de oportunidades laborales o en programas de voluntariado pero sobre todo permitirles vivir con independencia adaptando la infraestructura física de sus viviendas, transporte y tecnología (Secretaría General de Acción Exterior de la Consejería de Presidencia de Gobierno Vasco, 2016), esto conlleva a considerar los cambios que sufren las personas por la edad junto a los riesgos ambientales y psicosociales, así como las medidas preventivas que se deben contemplar los cuatro pilares que se conforman el envejecimiento activo que son la salud (física y mental), participación en la sociedad, seguridad y aprendizaje durante toda la vida (Edwards, 2002).

El cuidado de las diferentes áreas de la salud en adultos mayores toma gran importancia debido a la necesidad de evaluar y renovar constantemente los diversos programas de salud existentes para alcanzar que estos sean mas preventivos y educativos, la población geriátrica que ha mostrado un crecimiento importante y cuyo estimado de la población mayor de 60 años sigue en crecimiento hace reflexionar en que cada día más personas sobrepasan las barreras cronológicas situadas en la etapa de la vejez, convirtiéndose en un reto para las sociedades modernas, que a pesar de considerar como un logro importante el vivir más años, al mismo tiempo llega a ser un problema si no es posible tener soluciones adecuadas para el cuidado de las consecuencias que el vivir más tiempo se derivan en las personas (Rangel Rivera, Lauzardo García del Prado, Quintana Castillo, Gutiérrez Hernández, & Gutiérrez Hernández, 2009).

Partiendo de esta preocupación planteada en lo referente al cuidado de las personas mayores, en el presente documento se presenta el desarrollo del prototipo para el monitoreo de los signos vitales el mismo que a diferencia de los equipos existentes va ser adaptado en una prótesis de pierna inferior derecha, para aportar con el cuidado de personas mayores que poseen la falta de un miembro inferior, dada la importancia que el disponer de estos indicadores de forma continua permite el realizar una evaluación del estado de la persona como lo mencionan Jaimes, Grajales, Cervantes & Antonio (2010), en este sentido la importancia de tener datos sobre los signos vitales como lo indica Penagos & Vera (s. f.), permite obtener el estado fisiológico de los órganos vitales como lo son el cerebro, corazón y pulmones, llegando a ser una actividad muy importante cuando se requiere realizar la valoración médica de la persona, los parámetros que incluyen esta medición son la frecuencia cardiaca, la temperatura corporal, la saturación de oxígeno en la sangre y la tensión arterial cuyos resultados indican de forma inmediata si existe algún cambio en el organismo que deba ser considerado, junto con una buena interpretación de estos parámetros es posible detectar problemas no deseados de forma temprana para que la toma de decisiones sea adecuada en lo referente al cuidado de la persona (Jaimes et al., 2010), cabe mencionar que en el presente documento se presenta el trabajo desarrollado como tesis de grado de Sanchez De La Cueva, Jurado & Bolagay (2019).

2. Dispositivos de medición de signos vitales

Una adecuada medición de los signos vitales llegan a ser una herramienta valiosa como indicadores del estado funcional de una persona ya que el detectar anomalías en los signos vitales resulta de vital importancia en el diagnóstico de algunas enfermedades (Balaguer, 2010), es así que existen varios trabajos relacionados al con el monitoreo de signos vitales de entre todos los existentes se escogieron tres que destacan por las características en la medición de los signos vitales el primero desarrollado por Gutiérrez (2016) el cual consiste en un dispositivo del tipo *wearable* para el monitoreo continuo de signos vitales de la frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria junto con las variables ambientales que permite determinar el estado de salud y las condiciones del entorno para recibir asistencia médica en caso de ser necesario mediante el empleo de electrodos textiles que miden la actividad del corazón y un termistor de resistencia variable para captar la temperatura axilar además de un sensor SHT15 para determinar las condiciones ambientales todos estos elementos son incorporados en una camiseta de microfibra, también está el trabajo presentado por Vallejo & Manzano (2015) que presenta el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de signos vitales y alerta de accidentes para ancianos o personas con problemas de movilidad que mediante la comunicación GSM (Sistema global de comunicaciones móviles) permitirá él envió de mensajes de voz en caso de detectar algún parámetro fuera de lo normal para recibir atención inmediata, emplea sensores para determinar la temperatura y el pulso cardíaco junto a elementos para alertar sobre la caída de una persona mediante un mensaje de texto, por último el trabajo de Gómez & Báez (2017) que consiste en un sistema que por medio de una conexión inalámbrica realiza el monitoreo del pulso cardíaco, temperatura y saturación de oxígeno empleando la técnica de pletismografía donde empleando un circuito analógico y el procesamiento de los datos en un microcontrolador Arduino se visualizan las variables por medio de una aplicación para sistemas operativos Android, de los trabajos mencionados y los demás publicados en revistas o tesis tienen en común la característica de tratar de adaptar todos los sensores empleados de forma no invasiva para la persona que empleará el dispositivo siendo esta la característica que se buscó con el desarrollo del dispositivo presentado en este trabajo.

En lo referente a equipos comerciales existe una gran variedad que llegan a ser compactos y de fácil manejo, pero no permiten el control de todos los parámetros de signos vitales en un solo dispositivo es así que se tiene por ejemplo sensores como el desarrollado por Hamkaw (s. f.) que permite tomar datos sobre el nivel de oxígeno en la sangre y un oxímetro de pulso que toma los datos en la punta del dedo pero no permite obtener tener datos de la temperatura corporal de la persona, también existen equipos mucho más completos como el desarrollado por Sishuinianhua (s. f.) que permite obtener datos de todos los parámetros considerados como signos vitales, este y todos los dispositivos similares llegan a ser portables, poseen pantalla táctil pero no permiten al usuario utilizarlo de forma constantemente durante el desarrollo de sus actividades diarias.

La gran variedad de propuestas de trabajos científicos y de equipos comerciales como los mencionados ayudan a evidenciar la importancia que para las personas adquiere el cuidado de la salud, así lo indica Córdova & Jínez (2018) para quien el disponer de

un monitoreo constante de las señales biomédicas más aún si la persona es propensa a sufrir enfermedades o patologías comunes relacionadas con la edad, permitiendo que los resultados obtenidos en los dispositivos de monitoreo ayuden a prevenir problemas, con el desarrollo del dispositivo se pretende aportar al cuidado de una persona de avanzada edad y que emplee prótesis en un miembro inferior ya que se pueden producir problemas por ejemplo con las variaciones en la temperatura como la fiebre (temperatura alta) o la hipotermia (temperatura muy baja), o por la hipertensión (presión arterial alta) que de no ser controlada puede llegar a causar enfermedades renales crónicas, dolores de cabeza, nauseas o por la hipotensión (presión arterial baja) que causa mareos, debilidad en el cuerpo llegando a producir desmayos, estos posibles problemas llegan a ser de preocupación para los familiares que por diversos motivos no pueden brindar a la persona el cuidado constante ya sea por parte de ellos o por una persona especializada.

2. Propuesta sistema de medición de signos vitales

El dispositivo desarrollado tiene por objeto ayudar con el monitoreo constante de los signos vitales de una persona de la tercera edad mientras realiza sus actividades diarias mientras emplea una prótesis de miembro inferior, para definir las características de funcionamiento del dispositivo desarrollado se realizó el análisis de los requerimientos de la persona que empleará el dispositivo, de forma general se tiene que es una persona mayor que emplea una prótesis del miembro inferior derecho, esta persona diariamente debe realizar una actividad física de aproximadamente dos horas, por diversos sus familiares no están en la capacidad de contratar una persona capacitada para que le ayude a realizar estas tareas que le permiten mantener un buen estado físico, para cumplir con estos requerimientos se emplean varios elementos que se interconectan como se muestra en la Figura 1, el esquema de bloques de los diferentes elementos que conforman el dispositivo electrónico propuesto permite obtener los datos para mostrarlos en una pantalla del tipo OLED (*Organic Light-Emitting Diode*) además de enviarlos por medio de la tecnología Bluetooth al teléfono inteligente donde se podrán visualizarlos en una aplicación previamente instalada en el dispositivo o por medio de un acceso por la web.

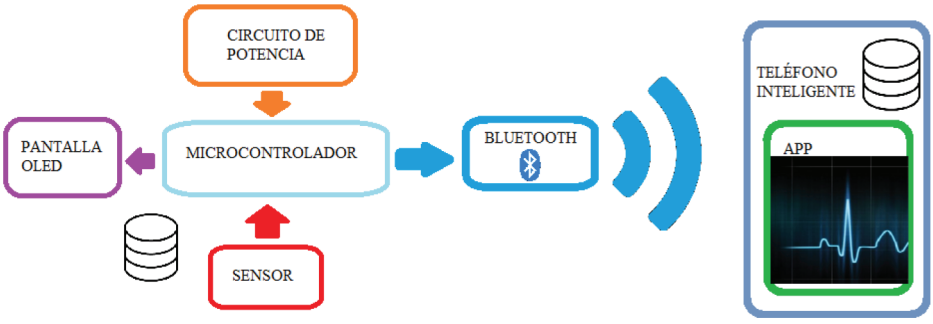


Figura 1 – Esquema de conexión de elementos del dispositivo

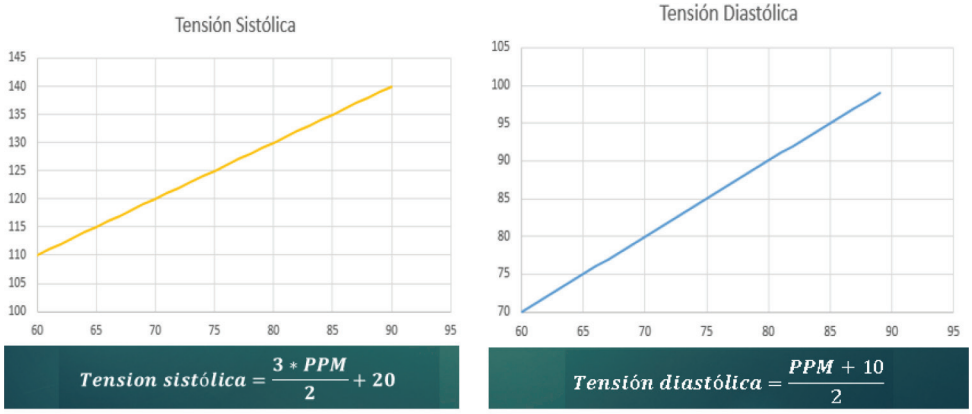
2.1. Sensores para los signos vitales de temperatura, frecuencia cardíaca y saturación de oxigeno empleados.

Para la adquisición de los datos de la persona se emplearon sensores que sean de tamaño pequeño que permitan ubicarlos de forma que no molesten a la persona mientras desarrolla sus actividades además de la disponibilidad en el mercado nacional, para la lectura de la frecuencia cardiaca y la saturación de oxígeno en la sangre se empleó el sensor max30100, las características físicas que determinaron el empleo de este elemento son sus dimensiones que son 5.6 mm, 2.8 mm y 1.2 mm junto a las características técnicas relacionadas a los niveles de voltaje requeridos para su operación que se encuentran entre 1.8 y 3.3 voltios (Maxim Integrated, 2014).

Para obtener los datos relacionados con la temperatura se empleó el sensor DS18B20, este dispositivo compatible con Arduino posee un rango de funcionamiento de entre -5 5ºC a 125ºC con una resolución de 0.5ºC, la forma de este dispositivo permite su adaptación a la prótesis sin que esto llegue a molestar en su uso.

2.2. Algoritmo tensión arterial

Para la toma de los datos de la tensión arterial a nivel profesional se emplean los denominados esfigmomanómetros, este dato se lo obtiene cuando la persona se encuentra en reposo generalmente se lo ubica en el brazo, debido a la molestia que emplear un equipo similar generaría a la persona se plateó el algoritmo basado en relacionar de forma lineal los valores estándar definidos para la tensión sistólica y diastólica de las personas estos valores se los coloca en el eje de las abscisas de acuerdo con la categoría de la tensión arterial estos datos se los puede observar en la Tabla 1, junto con el valor obtenido por el sensor max30100 de la saturación de oxígeno en partes por millón (PPM) con estos valores se plantea una relación lineal entre estos valores obteniendo las relaciones presentadas en la Figura 2a y 2b tomando en consideración los valores que de acuerdo a la edad son considerados normales (Tabla 2).



a) b)

Figura 2 – Tensión arterial a) Tensión sistólica y b) Tensión Diastólica

Categoría de la tensión arterial	Sitólica mm Hg	Diastólica mm Hg
Normal	Menos de 120	Menos de 80
Elevada	120 – 129	Menos de 80
Presión arterial Alta (Hipertensión) nivel 1	130 – 139	80 – 89
Presión arterial Alta (Hipertensión) nivel 2	140 o más alta	90 o más alta
Crisis de Hipertensión	Mas de 180	Mas de 120

Tabla 1 – Categorías de Presión Arterial

Niveles de saturación de oxigeno	Categorización
95 – 99 %	Normal
91 – 94 %	Hipoxia leve
86 – 90 %	Hipoxia moderada
Menor a 86 %	Hipoxia severa

Tabla 2 – Saturación de oxigeno

2.3. Alimentación del dispositivo

Para la alimentación del dispositivo se utilizó el módulo TCP4056, mediante el cual se provee energía al circuito principal y se realiza la carga de la batería de tipo LIPO (*Lithium Polymer Battery*) mediante el conector tipo micro USB universal permitiendo el funcionamiento autónomo del dispositivo.

Para determinar la autonomía del dispositivo de forma teórica se verificaron las características de los elementos estas son: para el módulo ESP32 con OLED incorporado el consumo promedio mínimo es de 80mAh y 225mAh, mientras que cuando está en modo activo es decir emplea la conexión Bluetooth tiene un consumo promedio de 120mAh, la pantalla OLED incorporada de 128x64 tiene un consumo promedio de 0.08W, que equivale aproximadamente a 25mAh, al sumar este valor y el que se obtiene por el modo activo del módulo ESP32 y la pantalla OLED se tiene un consumo de 145mAh aproximadamente.

La batería que se va a usar es una LIPO de una celda con un voltaje de 3.7 voltios y con una corriente de descarga de 800mAh, Por lo que el cálculo de autonomía se lo realiza con la formula presentada en la Figura 3.

$$Tiempo\ de\ autonomia = \frac{Carga\ de\ la\ bateria}{Consumo\ de\ la\ carga}$$

Figura 3 – Fórmula tiempo de autonomía

El resultado teórico da un valor de 5.51 horas este valor asume una descarga lineal de la batería, que por lo general ocurre por lo que existen factores como la temperatura, resistencia interna y el nivel de carga de la batería que afectan la velocidad de descarga, estos factores se asumen que afectarán al consumo real en un tiempo de autonomía de un 30 y 40% menos del valor teórico.

2.4. Implementación del dispositivo

El dispositivo se lo implementó en la prótesis como se muestra en la Figura 4.



Figura 4 – Dispositivo Implementado

3. Resultados Pruebas de funcionamiento

Para validar el correcto funcionamiento de los datos que se obtienen del dispositivo por medio de los sensores como lo son la frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno y del algoritmo plateado para la tensión arterial, esta prueba consistió en comparar los datos obtenidos de 14 personas, en el Centro de Salud A-Machachi perteneciente al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) bajo la supervisión del personal de la Coordinadora de Enfermería del centro de salud, entre los dispositivos empleados en este Centro y el prototipo, parte de estos resultados se presentan en la Tabla 3.

No. Paciente	Signos Viatales	Datos IESS	Datos Prototipo
Paciente 1	*Ritmo cardíaco*	79	76
	Saturación O2	77.2	81.3
	Tensión sistólica	119	122
	Tensión Diastólica	77	78
Paciente 2	*Ritmo cardíaco*	90	75
	Saturación O2	87.2	88
	Tensión sistólica	123	126
	Tensión Diastólica	87	81
Paciente 3	*Ritmo cardíaco*	89	75
	Saturación O2	90.5	88.6
	Tensión sistólica	119	114
	Tensión Diastólica	76	86

No. Paciente	Signos Viatales	Datos IESS	Datos Prototipo
Paciente 4	*Ritmo cardíaco*	79	77
	Saturación O2	95	93
	Tensión sistólica	104	101
	Tensión Diastólica	68	89
Paciente 5	*Ritmo cardíaco*	79	78
	Saturación O2	98	93.6
	Tensión sistólica	128	132
	Tensión Diastólica	80	85
Paciente 6	*Ritmo cardíaco*	71	76
	Saturación O2	93	91
	Tensión sistólica	98	110
	Tensión Diastólica	61	80

Tabla 3 – Pruebas toma de datos del dispositivo de 6 personas

En base a estos datos se realiza el cálculo del porcentaje de error en las mediciones que presentó el dispositivo con y las que fueron tomadas con los equipos del centro de salud, parte de los resultados se los presenta en la Tabla 4.

Pasicente	Parámetro	Error %
1	*Ritmo cardíaco*	3.79
	Saturación O2	5.31
	Tensión sistólica	2.52
	Tensión Diastólica	1.29
2	*Ritmo cardíaco*	16.6
	Saturación O2	0.91
	Tensión sistólica	2.43
	Tensión Diastólica	6.89
3	*Ritmo cardíaco*	15.73
	Saturación O2	2.09
	Tensión sistólica	4.20
	Tensión Diastólica	13.15
4	*Ritmo cardíaco*	2.53
	Saturación O2	2.01
	Tensión sistólica	4.02
	Tensión Diastólica	30.88
5	*Ritmo cardíaco*	1.26
	Saturación O2	4.48
	Tensión sistólica	3.12
	Tensión Diastólica	6.25
6	*Ritmo cardíaco*	7.04
	Saturación O2	1.05
	Tensión sistólica	12.24
	Tensión Diastólica	31.14

Tabla 4 – Porcentaje de error entre las mediciones

Con los datos obtenidos se determina el valor del error absoluto en las mediciones se obtiene el promedio de es estos para definir el error promedio del dispositivo el cual

es del 4%, estas pruebas se las encuentra en el documento de tesis de Sanchez, Jurado & Molagay (2019), para culminar con las pruebas de funcionamiento se instaló el dispositivo en la prótesis y se procedió a verificar las mediciones mientras la persona realizaba sus actividades diarias, en la Figura 5 se presentan las gráficas obtenidas que pueden ser accesibles por medio de la web.

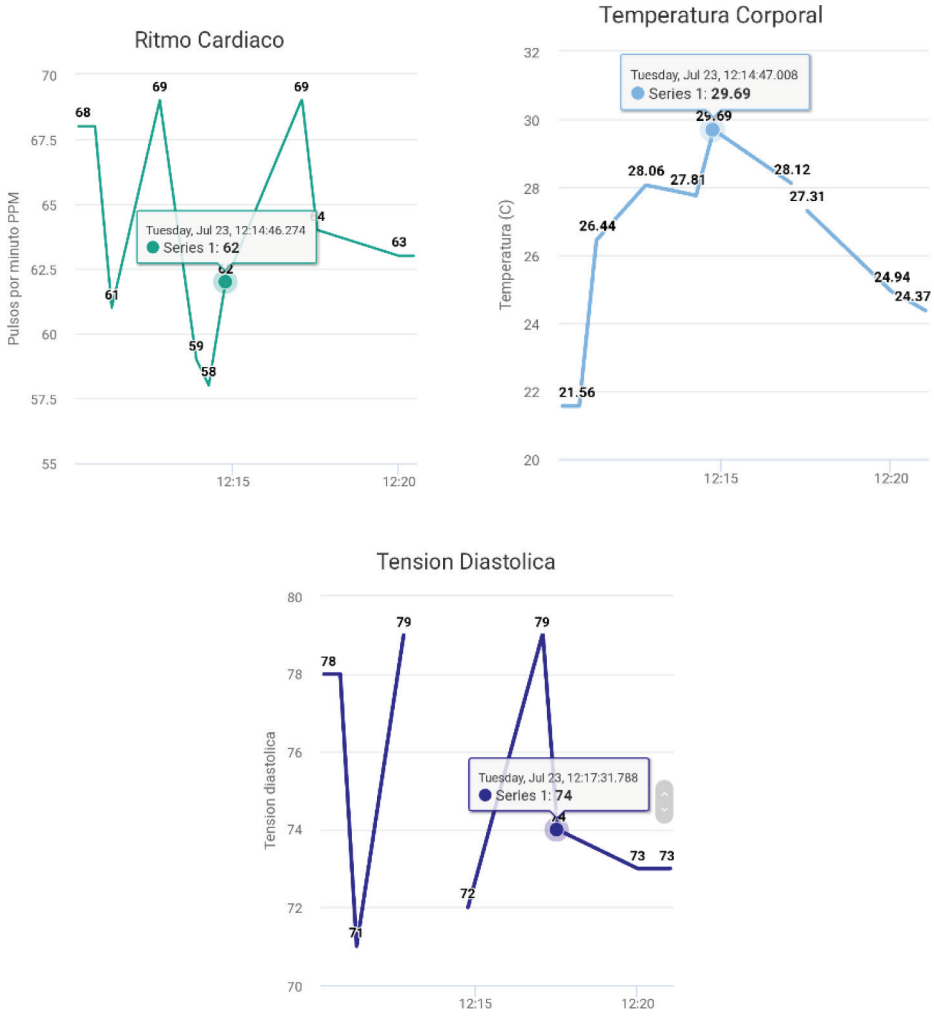


Figura 5 – Gráficas de Resultados obtenidos.

En esta prueba se validó también el tiempo autonomía del dispositivo de acuerdo con la necesidad de uso de la persona que representa el caso de estudio, esta emplea la prótesis para realizar actividades físicas por aproximadamente dos horas, para ello se procedió a validar el tiempo de carga (Tabla 5) y de descarga (Tabla 6) del mismo.

Tiempo de prueba	Resultado
Hora de inicio 14h30 *Hora de finalización: 17h20* *Día 1*	Tiempo total de carga 50 minutos
Hora de inicio 17h25 *Hora de finalización: 18h30* *Día 2*	Tiempo total de carga 55 minutos

Tabla 5 – Prueba de carga de la batería del dispositivo

Tiempo de prueba	Resultado
Hora de inicio 13h24 *Hora de finalización: 16h25* *Día 1*	Tiempo total de funcionamiento 3 horas 1 minuto
Hora de inicio 14h25 *Hora de finalización: 17h12* *Día 2*	Tiempo total de funcionamiento 3 horas 7 minutos

Tabla 6 – Prueba de descarga de la batería del dispositivo

Por último, se verificó la comunicación entre el dispositivo y el teléfono por medio de la comunicación bluetooth de los datos de los signos vitales por medio de una interfaz simple desarrollada en el programa Android Studio como se observa en la Figura 6.

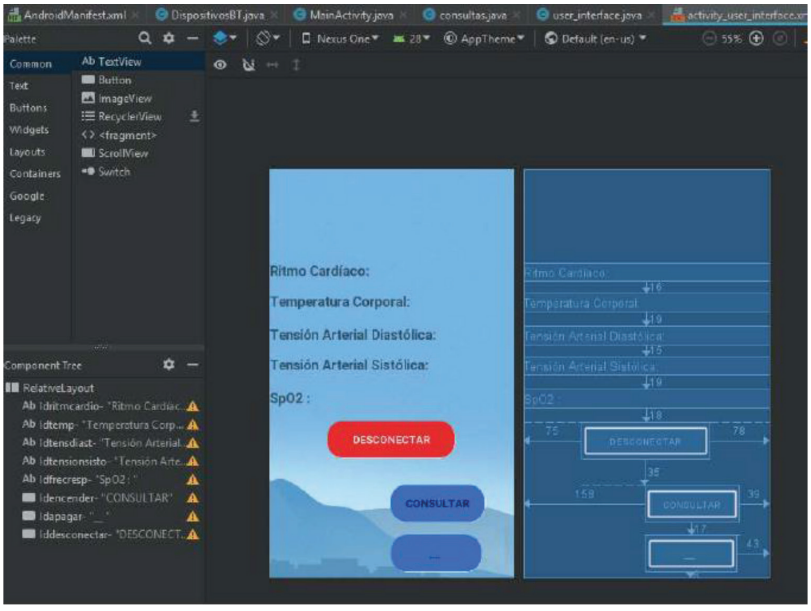


Figura 6 – Interfaz de visualización de resultados en el teléfono inteligente

4. Conclusiones

Una vez implementado el dispositivo este es de pequeño tamaño capaz de medir los signos vitales de un en la prótesis inferior derecha de forma correctamente sin causar molestias al usuario durante las pruebas y cuyos datos se visualizaron en un Smartphone.

Este tipo de dispositivo permite obtener valores de los signos vitales durante el empleo de la prótesis que pueden ser analizados en tiempo real por un especialista que puede brindar recomendaciones a su cuidado.

Los datos obtenidos son almacenados con la fecha y la hora del evento permitiendo generar un historial de estos para ser revisados por un profesional de la salud.

De acuerdo con el valor de autonomía validado en su funcionamiento es factible extender el tiempo de funcionamiento del dispositivo empleando otro tipo de batería que provea mayor corriente de descarga.

Una vez validado el funcionamiento del dispositivo de acuerdo con las pruebas de funcionamiento y comparando los resultados comparación con un dispositivo de uso en un Centro médico se determina que los valores obtenidos presentan un porcentaje de error del 8%.

Referencias

Balaguer, M. (2010). Revisando Técnicas: Control de signos vitales. , 10, 5-10. *Revista de Enfermería*, *10*, 5-10.

Córdova, E., & Jínez, J. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, ANÁLISIS Y CONTROL DE SEÑALES BIOMÉDICAS* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Carrerade Electrónica y Telecomunicaciones). Recuperado de http://190.15.135.60/bitstream/51000/4961/1/UNACH-EC-ING-ELE-TEL-2018-0004.pdf

Edwards, P. (2002). Envejecimiento activo: Un marco político de la Salud. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, *37*, 74-105.

Gomez, J., & Báez, L. (2017). *Sistema de monitoreo de pulso cardiaco, temperatura y saturación de oxígeno por conexión inalámbrica* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México. Facultas de Ingeniería). Recuperado de http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14045/tesisRv3%20Final.pdf?sequence=3

Gutiérrez, C. A. (2016). *Sistema de monitoreo continuo de signos vitales con sensores no invasivos y transmisión inalámbrica de datos* (Disertación Doctoral, Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería). Recuperado de http://repositorio.udec.cl/handle/11594/1945

Hamkaw. (s. f.). Hamkaw Sensor de Oxígeno en Sangre Oxímetro de Pulso con Punta de Dedo SpO2 para Deportes y Aviación: Portátil y Liviano con Pantalla LED, Batería, Cordón y Almohadilla: Amazon.es: Salud y cuidado personal. Recuperado 18 de septiembre de 2019, de https://www.amazon.es/Hamkaw-Ox%C3%ADgeno-Ox%C3%ADmetro-Deportes-Aviaci%C3%B3n/dp/B07VPW2QKH/ref=sr_1_3?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=monitor+de+signos+vitales+portatil&qid= 1568802993&s=hpc&sr=1-3

Jaimes, M. E. F., Grajales, R. A. Z., Cervantes, J. M. O., & Antonio, M. T. R. (2010). La evaluación de la calidad de los signos vitales como indicador de proceso en la Gestión del Cuidado de Enfermería. *Revista Mexicana de Enfermería Cardiológica*, *18*(3), 65–70.

Maxim Integrated. (2014). *Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health*. Recuperado de https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30100.pdf

OMS. (2019). Envejecimiento y salud [Sitio Web mundial]. Recuperado 28 de octubre de 2019, de Organización Mundial de la Salud website: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/envejecimiento-y-salud

Penagos, P. S., & Vera, F. (s. f.). Control de los signos vitales. En *Guías para manejo de urgencias* (pp. 1465-1473). Recuperado de https://www.medigraphic.com/pdfs/enfe/en-2010/en103d.pdf

Rangel Rivera, J. C., Lauzardo García del Prado, G., Quintana Castillo, M., Gutiérrez Hernández, M. E., & Gutiérrez Hernández, N. (2009). Necesidad de crear programas de promoción y prevención en el adulto mayor. *Revista Cubana de Estomatología*, *46*(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072009000100004

Sánchez De La Cueva, A., Jurado, F., & Bolagay, M. (2019). *DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE PIERNA DERECHA CON UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE SIGNOS VITALES EN UN DISPOSITIVO SMARTPHONE* (Universidad Tecnológica Israel). Recuperado de https://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2138

Secretaría General de Acción Exterior de la Consejería de Presidencia de Gobierno Vasco. (2016, octubre 26). 2012 Año Europeo del Envejecimiento Activo. Recuperado 23 de septiembre de 2019, de https://web.archive.org/web/20161026111830/http://www.envejecimientoactivo2012.net/Menu29.aspx

Sishuinianhua. (s. f.). SISHUINIANHUA Monitor de Signos vitales 6-parámetro del Paciente en la UCI Monitor portátil del CONTEC, Monitor de Pantalla táctil: Amazon.es: Salud y cuidado personal. Recuperado 18 de septiembre de 2019, de https://www.amazon.es/dp/B07Y1W2BT5/ref=sr_1_1?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=monitor+de+signos+vitales+portatil&qid=1568802993&s=hpc&sr=1-1

Vallejo, G., & Manzano, V. (2015). *"Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis_t1071ec.pdf

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

Recebido/Submission: 13/07/2019
Aceitação/Acceptance: 17/10/2019

Cálculo analítico de los parámetros eléctricos de una micro-coplanar stripline con un dieléctrico y un plano a tierra para el caso estático

Nayade Domeneche[1], Millard Escalona[1], René Cortijo[1], Fidel Parra[1]

ndomenech@uisrael.edu.ec, mescalona@uisrael.edu.ec, recortijo@uisrael.edu.ec, fparra@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador

Pages: 213–226

Resumen: Se presenta el cálculo analítico de los parámetros eléctricos de una micro-coplanar stripline con un dieléctrico y un plano a tierra para el caso estático. El dispositivo está conformado de un plano a tierra, separado por un substrato dieléctrico de dos tiras (cintas) conductoras de diferentes longitudes. Una de los conductores al igual que el plano a tierra se consideran de longitudes infinitas. El análisis y síntesis del dispositivo es la unión de herramientas físicas, matemáticas y computacionales que permiten el análisis y síntesis de dispositivos de películas delgadas (thin film), el cual garantiza soluciones del tipo analíticas exactas. Se realizaron tres transformaciones fundamentadas en el mapeado de Schwarz-Christoffel, hallando un plano de transformación P, en donde es posible encontrar la solución analítica al problema en cuestión. Se encuentra la impedancia y capacitancia características para el caso de acercamiento a una microlinea típica.

Palabras claves*: parámetros* eléctricos, micro-planar, transformaciones communes.

Analytical calculation of the electrical parameters of a micro-coplanar stripline with a dielectric and a ground plane for the static case

***Abstract*:** The analytical calculation of some of the electrical parameters of a micro-coplanar stripline with a dielectric and a ground plane is presented for the static case. The device consists of a ground plane separated by a dielectric substrate of two conductive strips (tapes) of different lengths. One of the conductors as well as the ground plane are considered to be of infinite lengths. The analysis and synthesis of the device is the union of physical, mathematical and computational tools that allow the analysis and synthesis of thin film devices, which guarantees solutions of the exact analytical type. Three transformations based on the Schwarz-Christoffel mapping were carried out, finding a P transformation plane, where it is possible to find the analytical solution to the problem in question. One finds the characteristic impedance and capacitance for the case of approaching a typical microline

Keywords*:* electrical parameters, micro-planar stripline, conforming transformations

1. Introducción

Los circuitos integrados de radio frecuencia (Radio Frequency Integrated Circuits, RFICs por sus siglas en inglés) y los circuitos integrados de microonda (Microwave Integrated Circuits, MICs por sus siglas en inglés), ambos híbridos y monolíticos, han avanzado rápidamente en las últimas dos décadas. Este progreso se ha alcanzado no solo por el avance de la tecnología de los dispositivos del estado sólido, sino también por el avance en el estudio de las líneas de transmisión planas (Domenech, 2019).

Entre los avances alcanzados está el desarrollo de varios métodos de análisis para estructuras pasivas de radio frecuencias, microondas, ondas milimétricas y líneas de transmisión planas (Nguyen, 2001). Estos métodos han jugado un papel muy importante proporcionando parámetros eléctricos de las líneas de transmisión planas para el diseño de RFICs, así como también en la investigación y desarrollo de las mismas.

En la actualidad, la tendencia tecnológica en el área de las telecomunicaciones y de las computadoras de muy alta velocidad es la de modelar y fabricar dispositivos de películas delgadas (thin films) en la tecnología plana (la cual utiliza toda la capacidad desarrollada hasta el presente para la fabricación de circuitos integrados). Así, se pueden depositar películas delgadas de superconductores, semiconductores, conductores y aislantes (o dieléctricos) sobre un sustrato o base que puede a su vez ser cada uno de estos materiales.

El problema principal, para la fabricación de sistemas guiados en la tecnología plana (de circuitos integrados), se encuentra a nivel mundial no ha sido posible utilizar un modelo físico-matemático analítico que pueda predecir con exactitud el comportamiento de las películas delgadas en cuanto a la transmisión del campo electromagnético, lo cual no permite solucionar los problemas de interferencia presentados en estos circuitos, cuando trabajan por encima de los 3GHz.

Entre los modelos utilizados para el análisis de estos dispositivos, específicamente las líneas de transmisión planas, tenemos los modelos semi-empíricos, modelos de aproximación a una guía de onda clásica y modelos de relajación matricial, entre los que podemos mencionar el método de momentos de (Thomee, 2006). La mayoría de los modelos proporcionan soluciones aproximadas para el caso estático y en el mejor de los casos proporcionan soluciones con buena exactitud, pero aún con ciertas limitaciones, entre las cuales está el empleo de muchas ecuaciones en función de muchas variables, lo que implica una gran dependencia de equipos computacionales con una capacidad de procesamiento bastante alta, para solo obtener algunos parámetros eléctricos. Es importante acotar que ninguno de los modelos anteriormente mencionados proporciona soluciones exactas a las líneas de transmisión planas para campos variantes en el tiempo.

Se analizará la micro-planar stripline en base a las transformaciones conformes, en la teoría de una variable compleja, en la utilización de paredes eléctricas y magnéticas, en la teoría electromagnética y en un cálculo numérico computacional, utilizado generalmente para relajar o sedimentar ecuaciones transcendentales. Es posible hallar una solución del tipo analítica y exacta, conociendo con gran exactitud el comportamiento del campo eléctrico y los demás parámetros eléctricos propios en este dispositivo, tal como la densidad de carga superficial, el potencial eléctrico, la capacitancia característica.

En este trabajo se presenta un análisis de una Micro-Coplanar Stripline con un dieléctrico y un plano a tierra para el caso estático, usada como línea de transmisión plana, ver figuras-2 y -3, utilizando las relaciones de perfil encontradas en investigaciones anteriores (Domenech, 2019). Solo se presentan las expresiones analíticas de los parámetros eléctricos de una micro-coplanar stripline así como, los gráficos del comportamiento para el caso especial de una microlinea típica. Se compararan los resultados obtenidos con otros trabajos hechos y se mostrará que se llega al caso de una microlinea típica al hacer el límite de $w''' \to \infty$.

1.1. Líneas de transmisión planas

Una guía es un dispositivo que se usa para transportar energía desde un emisor hasta un receptor. Generalmente se usa el término línea de transmisión a la de guía de ondas usada en el extremo de menor frecuencia del espectro (Fernández, 2004).

Cuando el medio dieléctrico rodea completamente los conductores el tipo de modo que se propaga en una línea de transmisión sin pérdidas σ=∞, es TEM (Transverso Electromagnético). En un modo TEM, tanto el campo eléctrico $\vec{\mathbf{E}}$, como el campo magnético $\vec{\mathbf{H}}$, son totalmente transversales a la dirección de propagación, es decir; no existen componentes de $\vec{\mathbf{E}}$ ni de $\vec{\mathbf{H}}$ en la dirección de propagación (Plonsey & Collin, 1979).

Entendemos por una línea de transmisión plana a un medio (dispositivo) que se utiliza para transmitir energía electromagnética a altas frecuencias desde una fuente (generador) hasta un receptor (DiPaolo, 2000). Estas se caracterizan por ser de forma plana, es decir, generalmente son fabricados con tiras conductoras en compañía de sustratos delgados de algún material dieléctrico, estos dispositivos son de gran ayuda ya que garantizan la transmisión de las señales con un mínimo de atenuación de las mismas (DiPaolo, 2000). Entre las más conocidas podemos mencionar: Stripline, Microstripline, Coplanar Waveguide, Coplanar Stripline, Micro-Coplanar Stripline.

1.1.2. Películas delgadas (thin film)

Estructuras sólidas, muy delgadas posibilitando despreciar muchos efectos físicos en su grosor. Debido a que las películas delgadas interactúan con ondas, su grosor debe ser del orden de la longitud de onda de la perturbación con la que interacciona. Las películas delgadas permiten ahorrar energía, son compactas, ligeras y debido fáciles de caracterizar físicamente (Tejedor, 1998).

1.1.3. Utilidad de las líneas de transmisión planas

En la actualidad la tendencia tecnológica, en el área de las telecomunicaciones y de las computadoras de alta velocidad, es la de modelar y fabricar dispositivos de películas delgadas con tecnología plana. Así, se pueden depositar películas delgadas de superconductores, semiconductores, conductores y aislantes (o dieléctricos) sobre un sustrato o base que puede a su vez ser cada uno de estos materiales.

En el caso específico de conductores depositados por cualquier método de deposición del metal sobre un substrato base, tal como un dieléctrico, se obtienen las muy conocidas Microstriplines, Striplines, Coplanar Waveguide (CPW) entre otras, con todos sus derivados o modificaciones.

La utilidad de las películas delgadas va desde la fabricación de componentes para circuitos integrados de microondas (híbridos y monolíticos) y para antenas planas (antenas de muy pequeñas dimensiones comparadas con la antena parabólica, con las cuales se busca reemplazar ésta última).

1.1.4. Micro-coplanar striline con un dieléctrico y un plano a tierra

Una Micro-Coplanar Stripline con un dieléctrico y un plano a tierra es un dispositivo usado comúnmente como línea de transmisión plana. Este dispositivo es una derivación de una Micro-Coplanar Stripline, en el cual se colocó un plano a tierra por debajo del sustrato dieléctrico. Por encima de este sustrato, existen dos tiras (cintas) conductoras de diferente longitudes, separadas por una abertura y un sustrato dieléctrico, en este caso el vacío de constante dieléctrica . Una de las tiras conductoras tiene una anchura de w, mientras que la otra tira y el plano a tierra son considerados de longitudes semi-infinita e infinita, respectivamente. El caso presentado en la siguiente investigación, es el estático en donde no se consideran pérdidas. En la figura 2, se muestra, en tres dimensiones (3D), una Micro-Coplanar Stripline con un dieléctrico y un plano a tierra.

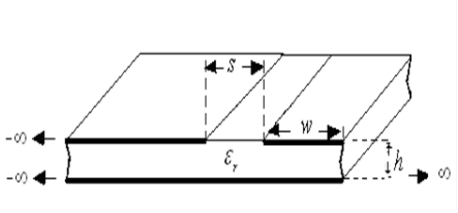


Figura 2 – Micro-coplanar stripline con un dieléctrico y un plano a tierra.

1.2. Condiciones de fronteras para los campos eléctricos y magnéticos

Las condiciones de frontera para los campos eléctricos y magnéticos dependen de los materiales existentes a ambos lados de la interfaz, estas se determinan, como es bien conocido, aplicando de manera adecuada las ecuaciones de Maxwell en forma integral (Plonsey & Collin, 1979).

1.2.1. Condiciones de frontera en una interfaz dieléctrica.

En una interfaz entre dos materiales dieléctricos sin pérdidas, no existe ninguna densidad de carga superficial o densidad de corriente superficial. Entonces las ecuaciones de Maxwell se reducen a:

$$\hat{n} \cdot \bar{D}_1 = \hat{n} \cdot \bar{D}_2 \quad (1a)$$

$$\hat{n} \cdot \bar{B}_1 = \hat{n} \cdot \bar{B}_2 \quad (1b)$$

$$\hat{n} \times \bar{E}_1 = \hat{n} \times \bar{E}_2 \quad (1c)$$

$$\hat{n} \times \bar{H}_1 = \hat{n} \times \bar{H}_2 \quad (1d)$$

En palabras, las ecuaciones anteriores establecen que las componentes normales son continuas a través de la interfaz e igualmente como lo son las componentes tangenciales (Nguyen, 2001).

1.2.2. Condiciones de frontera en un conductor perfecto (paredes eléctricas)
Muchos problemas en la ingeniería de microondas tratan de fronteras con buenos conductores (metales), los cuales pueden ser, con frecuencia, asumidos sin pérdidas $(\sigma \to \infty)$. En los casos de un conductor perfecto todas las componentes del campo deben ser cero dentro de la región conductora (Nguyen, 2001). Este resultado puede obtenerse considerando que un conductor con conductividad finita $(\sigma < \infty)$ y que la profundidad de penetración (skin depth), es decir, la profundidad a la cual la mayoría de las microondas penetra, va a cero cuando $\sigma \to \infty$ (Nguyen, 2001). Si además asumimos aquí que $\bar{M}_s = 0$, el cual podría ser el caso si el conductor perfecto no posea propiedades magnéticas, $\mu = \mu_0$ entonces (1a), (1b), (1c) y (1d) se reducen a lo siguiente:

$$\hat{n} \cdot \bar{D} = \rho_s \tag{2a}$$

$$\hat{n} \cdot \bar{B} = 0 \tag{2b}$$

$$\hat{n} \times \bar{E} = 0 \tag{2c}$$

$$\hat{n} \times \bar{H} = \bar{J}_s \tag{2d}$$

Siendo ρ_s y $\bar{J}_s$ la densidad de carga superficial y la densidad de corriente superficial, respectivamente, en la interfaz; $\hat{n}$ es el vector unitario de Poynting que sale del conductor perfecto. Dicha frontera es conocida como una Pared Eléctrica, las componentes de $\bar{E}$ se desvanecen en la superficie del conductor como se aprecia en la expresión (2d).

Condiciones de frontera en un conductor perfecto (paredes magnéticas)

La condición de frontera para una Pared Magnética ocurre cuando las componentes tangenciales se desvanecen. Tal frontera no existe realmente en la práctica, pero puede ser aproximada por una superficie corrugada, o en ciertos problemas de líneas de transmisión planas (Nguyen, 2001).

$$\hat{n} \cdot \bar{D} = 0 \tag{3a}$$

$$\hat{n} \cdot \bar{B} = 0 \tag{3b}$$

$$\hat{n} \times \bar{E} = \bar{M}_s \tag{3c}$$

$$\hat{n} \times \bar{H} = 0 \tag{3d}$$

Siendo $\hat{n}$ es el vector unitario de Poynting saliendo de la región de la Pared Magnética.

1.3. Transformación Schwarz- Christoffel

La transformación conforme más utilizada en el análisis de las líneas de transmisión planas, es la transformación Schwarz-Christoffel, esta transforma el eje w_x (eje real en el plano W) y el semiplano superior del plano W, en el perímetro de un polígono cerrado y su interior en el plano Z respectivamente y viceversa (Kreyszig, 2013).

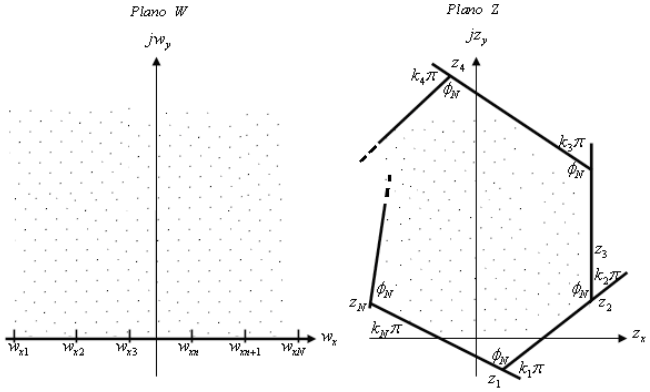


Figura 3 – Transformación Schawz-Chistoffel, del plano W al plano Z.

Esta se representa mediante la siguiente ecuación:

$$z = A\int_{0}^{W}\prod_{n=1}^{N}\left(w - w_{xn}\right)^{-k_i}\,dw + B \tag{4}$$

donde A y B son constantes complejas que representan amplificaciones (expansión o contracción) y traslaciones (cuando el punto $w_{xn} = 0$, no corresponde con el punto $z_N = 0$) del polígono en el plano (Plonsey & Collin, 1979). El valor de k_i es positivo cuando el recorrido a través de los puntos Z_N (perímetro del polígono en el plano Z) es en sentido contrario a las agujas del reloj y es negativo cuando es a favor de las agujas del reloj, todo esto considerando que el recorrido se hace de izquierda a derecha; los valores que generalmente obtiene k_i son:

$$k_i = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2} \acute{o} 2$$

Para garantizar que en el plano Z se trace un polígono cerrado es necesario que:

$$\sum_{I=1}^{N} k_i = 2$$

En la práctica, un polígono es normalmente definido en el plano Z para un problema dado y la transformación Schwarz-Christoffel es determinada de tal manera que el perímetro del polígono y su interior respectivamente en dicho plano, son transformados en el eje w_x y el semiplano superior del plano W respectivamente. Este proceso se completa determinando los ángulos internos $\varnothing_n$ del polígono y los puntos w_{xn} y evaluando la integral en la ecuación (4) .

Todos estos ángulos interiores son rápidamente obtenidos a partir del polígono, sin embargo para los puntos w_{xn}, solo un máximo de tres puntos o tres condiciones de

w_{xn} pueden ser escogidas arbitrariamente. De aquí que, para polígonos con más de tres lados (N>3), algunos de los puntos w_{xn} deben ser determinados, lo cual con frecuencia presenta cierta dificultad cuando N>6 (Nguyen, 2001).

La integración encontrada en la transformación puede también ser absolutamente complicada, imponiendo a futuro otra dificultad para la obtención de la solución. Para problemas de líneas de transmisión, el eje w_{xn} del plano W correspondiente al polígono que representa la línea de transmisión en el plano Z siempre tiene partes de diferente potencial, esto es debido al hecho de que una línea de la transmisión con dos o más conductores tiene dos o más potenciales diferentes, respectivamente; uno de estos potenciales generalmente es cero. En estos casos podrían ser necesarias, transformaciones conformes sucesivas.

En esos casos, podrían ser necesarias transformaciones conformes sucesivas para obtener la solución al problema (Spiegel, Lipschutz, Schiller, & Spellman, 2011).

1.4. Integrales elípticas

La integral:

$$\int R(x,y)dx \tag{5}$$

Es llamada una integral elíptica si: $R(x,y)$ es una función racional de (x,y), en donde y^2 es un polinomio en x cúbico o cuadrático tal que:

$$a_o x^4 + a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x + a_4 = 0 \tag{6}$$

En donde, las constantes a_o y a_1 no pueden ser ambas cero, y la ecuación (6) no tiene raíces múltiples. Esta integral elíptica tal como ha sido definida puede expresarse, en general, en términos de funciones elementales (algebraicas, trigonométricas, trigonométricas inversas, logarítmicas y exponenciales) y de integrales fundamentales (Abramowitz & Stegun, 2014).

Otras de las herramientas matemáticas utilizadas para el análisis son la relación de Legendre (ver ecuación 7), muestra una relación entre las integrales elípticas de primera ley y segunda ley y la función zeta de Jacobi (ver ecuaciones 8 y 9), mostradas a continuación (Abramowitz & Stegun, 2014):

$$EK' + E'K - KK' = \pi / 2 \tag{7}$$

$$Z(u_1) \equiv \int_0^{u_1} \left(dn^2 - \frac{E}{K} \right) du = E(u_1) - \frac{E}{K} u_1 \tag{8}$$

$$Z(u_1) = E(\varnothing,\kappa) - \frac{E}{K}F(\varnothing,\kappa) \tag{9}$$

2. Resultados

Haciendo un análisis de las líneas de flujo eléctrico y magnético ubicamos las paredes magnéticas y eléctricas, las cuales se representan mediante las líneas punteadas y las líneas gruesas respectivamente en la figura 4.

Con todas estas consideraciones y para facilitar su análisis podemos dividir convenientemente el dispositivo en tres zonas mostradas detalladamente en las

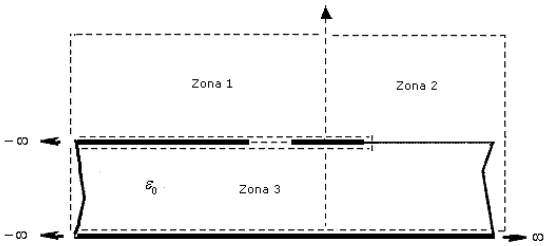


Figura 4 – División de zonas de una Microcoplanar stripline con un dieléctrico y un plano a tierra (Domenech, 2019).

Las paredes eléctricas y magnéticas (conductores y líneas punteadas respectivamente) nos permiten obtener tres polígonos cerrados. En cada una de ellos podemos aplicar la transformación Schwarz-Christoffel en nuestro análisis, tal como se mostrará a continuación.

Cálculo analítico de las ecuaciones para la capacitancia por unidad de profundidad de una micro-coplanar stripline con un dieléctrico y un plano a tierra en el plano de transformación p.

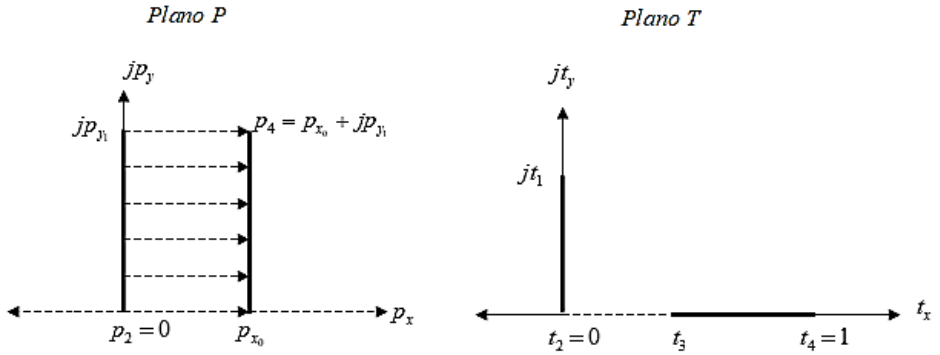


Figura 5 – Plano transformado P y plano intermedio T del plano W' de la zona 1.

A continuación, se presentan las expresiones para la capacitancia por unidad de profundidad en cada una de las zonas del dispositivo, tal como se muestran en el siguiente procedimiento.

Para la zona #1 se empieza realizando una transformación inversa Schwarz- Christoffel del plano W' y un plano T intermedio para la Zona 1,

La ecuación de transformación de este plano está dada por:

$$p = A_p \int \frac{dw'}{\sqrt{w'(w'-1)(w'-w_3')}} \tag{10}$$

Ahora se hace uso del plano T, el cual es equivalente al plano W', y escogemos tres puntos arbitrarios como lo permite la transformación. Haciendo la equivalencia por medio de la siguiente transformación, $w' = t^2$.

Al hacer el cambio, evaluando para los límites $0 \to p_{x_0}$ y $0 \to t_3$ y $p_{x_0} \to p_{x_0} + jp_{y_1}$ y $t_3 \to 1$, y resolviendo la integral elíptica se tienen las siguientes expresiones para que:

$$p_{x_0} = 2A_p \int \frac{dt}{\sqrt{(t^2-1)(t^2-t_3^2)}} = 2A_p F(\delta/\gamma) \quad \gamma = \frac{\pi}{2} \to p_{x_0} = 2A_p K(\delta') \tag{11}$$

$$jp_{y_1} = 2A_p \int \frac{dt}{\sqrt{(t^2-1)(t^2-t_3^2)}} = 2jA_p F(\gamma'/\delta') \quad \to p_{y_1} = 2A_p K(\delta') \tag{12}$$

La solución para el potencial electrostático de la ecuación de Laplace, la capacitancia por unidad de profundidad del dispositivo se puede obtener basándonos en el potencial para un condensador infinito de placas paralelas. Para este caso, en donde el dieléctrico es uniforme de permitividad ε_0, la capacitancia por unidad de profundidad esta dada por:

$$\frac{C}{prof} = \varepsilon_0 \frac{p_{y_1}}{p_{x_0}} = \varepsilon_0 \frac{K(\delta')}{K(\delta')} \tag{13}$$

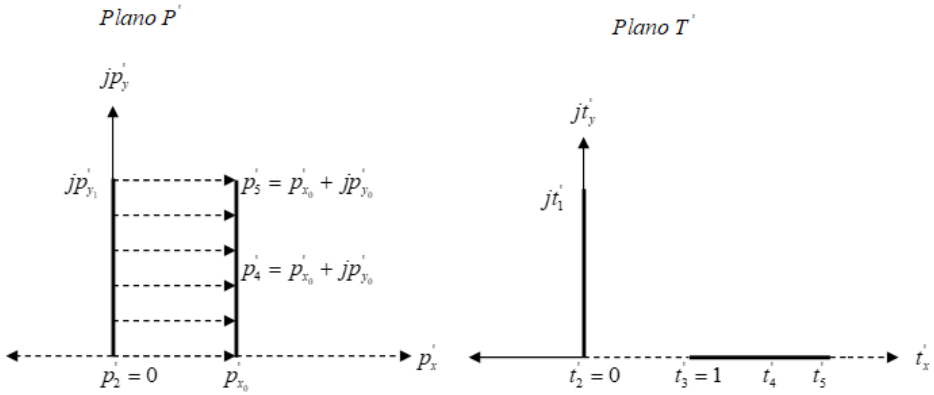


Figura 6 – Plano transformado P' y plano intermedio T' del plano W' de la zona 2.

De forma análoga, para la zona #2 se hace una transformación inversa Schwarz - Christoffel del plano W" al plano P'.

La ecuación de transformación de este plano está dada por:

$$p' = A_{p'} \int \frac{dw'}{\sqrt{w''(w''-1)(w'-w_5'')}} \tag{14}$$

Haciendo la equivalencia por medio de la siguiente transformación, $w'' = t^{2'}$ y evaluando para los límites $0 \to p'_{x_0}\ y\ 0 \to 1$ y $0 \to p'_{y_1}\ y\ 0 \to j\infty$, y resolviendo la integral elíptica se tienen las siguientes expresiones para que:

$$p'_{x_0} = 2A_{p'} \int \frac{dt'}{\sqrt{(t^{2'}-1)(t^{2'}-t_5^{2'})}} = 2A_p F(\mu/\lambda) \quad \lambda = \frac{\pi}{2} \to p'_{x_0} = \frac{2A_{p'}K(\mu)}{t'_5} \tag{15}$$

$$p'_{y_1} = 2A_{p'} \int \frac{dt'}{\sqrt{(t^{2'}-1)(t^{2'}-t_5^{2'})}} = 2A_p F(\mu/\lambda) \to p'_{y_1} = \frac{2A_{p'}K(\mu)}{t'_5} \tag{16}$$

De igual manera, la capacitancia por unidad de profundidad está dada por:

$$\frac{C}{prof} = \varepsilon_0 \frac{p'_{y_1}}{p'_{x_0}} = \varepsilon_0 \frac{K(\mu')}{K(\mu)} = \varepsilon_0 \frac{K(m')}{K(m)} \quad con\ m' = \frac{t_5^{2'}-1}{t_5^{2'}}\ y m' = \frac{1}{t_5^{2'}} \tag{17}$$

Para la zona #3 se sigue con la misma metodología haciendo una transformación inversa Schwarz - Christoffel del plano W"' al plano P" para la zona 3.

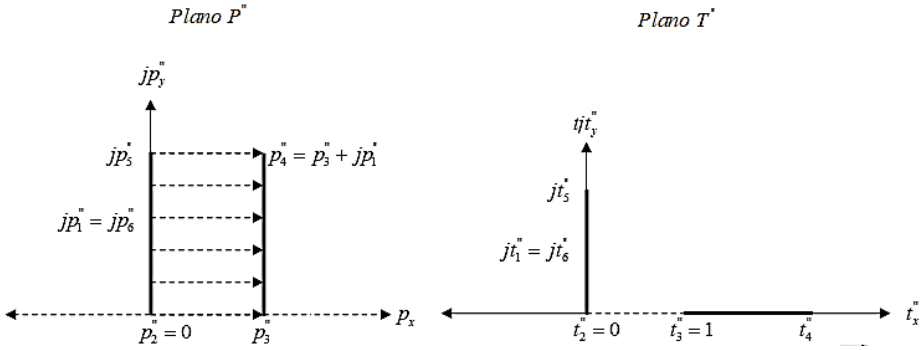


Figura 7 – Plano transformado P" y plano intermedio T' del plano W"' de la zona3.

La ecuación de transformación de este plano está dada por:

$$p'' = A_{p''} \int \frac{dw''}{\sqrt{w''(w'''-1)(w'''-w_4''')}} \tag{18}$$

Haciendo la equivalencia por medio de la siguiente transformación, $w''' = t^{2''}$. Evaluando los límites $0 \to p''_{x_0}$ $y 0 \to 1$ **y** $p''_{x_0} \to p''_{x_0} + p''_{y_1}$ $y 1 \to t''_4$, se tiene que:

$$p'_{x_0} = 2A_{p'} \int \frac{dt''}{\sqrt{\left(t^{2''}-1\right)\left(t^{2''}-t_4^{2''}\right)}} = \frac{2A_{p''}F(\eta/\phi)}{t''_4} \quad \eta = \frac{\pi}{2} \to p'_{x_0} = \frac{2A_{p''}K(\phi)}{t''_4} \tag{19}$$

$$p''_{y_1} = 2A_{p'} \int \frac{dt''}{\sqrt{\left(t^{2''}-1\right)\left(t^{2''}-t_4^{2''}\right)}} = \frac{2A_{p''}F(\eta/\phi)}{t''_4} \quad \eta' = \frac{\pi}{2} \to p''_{y_1} = \frac{2A_{p''}K(\phi')}{t''_4} \tag{20}$$

De igual manera, la capacitancia por unidad de profundidad está dada por:

$$\frac{C}{prof} = \varepsilon_0 \frac{p''_{y_1}}{p''_{x_0}} = \varepsilon_0 \frac{K(\phi')}{K(\phi)} \tag{21}$$

3. Comprobación de los resultados obtenidos

La expresión obtenida para la relación de perfil w/h (Domenech, 2019) se hace el límite cuando $|w'''_1| \to \infty$ arroja resultados congruentes puestos que $|w'''^2_1| \to |w'''_1|$ con otros trabajos realizados (Galo, 1981), obtenemos una relación de perfil para una microlínea típica.

$$\frac{w}{h} = \frac{2Z\left(\varphi'/\alpha'\right)K(\alpha')}{\pi} \tag{22}$$

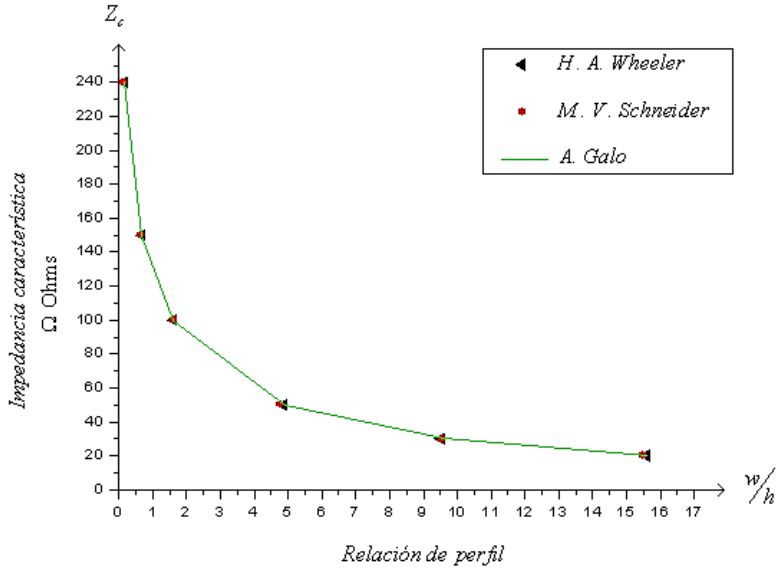
A continuación, se muestra una tabla en donde se comparan los resultados obtenidos por (Galo, 1981), para una microlínea típica con un dieléctrico (el vacío), con los resultados obtenidos por H. A. Wheeler y M. V. Schneider, así mismo se muestran las diferencias (D.P %) de porcentajes entre estos.

Tabla 1-Comprobación de los resultados obtenidos para la impedancia característica en función de la relación de perfil w/h en base a lo publicado por H.A. Wheeler y M.V. Shneuder con los resultados obtenidos para la microlínea típica.

$Z(\Omega)$	w/h *Wheeler* **(D.P %)**		w/h *Schneider* **(D.P %)**		w/h *Microlínea típica*
240	0.146	(+0.14)	0.145	(-0.14)	0.1458
150	0.666	(+0.03)	0.662	(-0.16)	0.6631
100	1.605	(-0.90)	1.613	(-0.10)	1.6150
50	4.840	(-1.22)	4.786	(-0.63)	4.9068

$Z(\Omega)$	w/h *Wheeler* **(D.P %)**		w/h *Schneider* **(D.P %)**		w/h *Microlínea típica*
30	9.519	(-0.90)	9.553	(-0.56)	9.6062
20	15.592	(-0.20)	15.489	(-0.86)	15.6230

En la siguiente gráfica se muestran los valores de impedancia característica, según A. Galo, H. A. Wheeler y M. V. Schneider, en función de la relación de perfil de una microlínea típica (Galo, 1981), las variaciones en porcentaje encontradas son del orden del 1% para ambos casos.



Gráfica 1 – R elación de perfil entre la impedancia Característica y la relación de perfil.

4. Conclusiones

Luego de la revisión bibliográfica correspondiente al tema, se procedió hacer un análisis detallado de las paredes eléctricas y magnéticas de una Micro-Coplanar Stripline con un dieléctrico y un plano a tierra, para el caso estático. Se obtuvieron las ecuaciones que rigen el comportamiento de este dispositivo aplicando transformaciones conformes, teoría de una variable compleja, paredes eléctricas y magnéticas, la teoría electromagnética. Se calculó analíticamente la capacitancia e impedancia característica por unidad de profundidad, todo esto en función de las dimensiones del dispositivo y en términos de funciones integrales elípticas.

Se compararon los resultados obtenidos, para una Micro-Coplanar Stripline con un dieléctrico y un plano a tierra con la Microstripline, se encontró la solución para la microlínea típica mencionada, como era de esperarse. Demostrando así, que el abordaje del problema utilizando estas herramientas funciona y proporciona soluciones analíticas y exactas. Al conocer de manera exacta y analítica los parámetros eléctricos de las líneas de transmisión planas tenemos la posibilidad de fabricar circuitos y sistemas RFICs y MICs más exactos.

Este modelo también da solución a otros dispositivos planares proporcionando ventajas respecto a otros métodos antes mencionados, ya que se realiza un fuerte modelado matemático, en principio, en términos de funciones e integrales elípticas, obteniéndose, al final, soluciones en función de pocas variables. Con esto, planteamos y damos soluciones de tipo analíticas y dejamos el trabajo suave a la computadora, pudiéndose usar computadoras personales. Mientras que los otros modelos dejan el trabajo fuerte a computadores con alta capacidad de procesamiento dando soluciones aproximadas en función de muchas variables.

Con todo lo anterior es evidente que este modelo es sin ninguna duda una alternativa importante al momento de realizar estudios de líneas de transmisión planas y cualquier otro dispositivo fabricado con tecnología planar.

Referencias

Abramowitz, M., & Stegun, I. (2014). *Handbook of Mathematical Funtions*. Martino Fine Books.

DiPaolo, F. (2000). *Networks and Devices Using Planar Transmission Lines*. Boca Raton: CRC Press LLC.

Domenech, N. (2020). Analytical Calculation of the Relations of Profile w/h and s/h of a Micro-coplanar Stripline with a Dielectric and a Ground Plan for the Static Case. *Advances in Emerging Trends and Technologies*, 1-11.

Fernández, J. (2004). *Electromagnetismo*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires .

Galo, A. (1981). *Dispositivos de líneas planares de alta frecuencia*. IVIC.

Kreyszig, E. (2013). *MATEMATICAS AVANZADAS PARA INGENIERIA VOL.I* (5ta ed.). Ciudad de México: LIMUSA WILEY. doi:ISBN 9786070504754

Nguyen, C. (2001). *Analysis Methods for RF, Microwave, and Millimeter-Wave Planar Transmission Line Structures*. John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/0471200670

Plonsey, R., & Collin, R. (1979). *Principles and Applications of Electromagnetic Fields*. New Delhi: McGraw Hill.

Rodríguez de Haro, J., & Roldán Aranda, A. (2017). *Análisis software y hardware del SDR HackRF One*. Granada: Universidad de Granada.

Schiller, J., Spellman, D., Lipschutz, S., & Spiegel, M. (2009). *Variable Compleja*. México DF: McGRAW-HILL. doi:ISBN 978-968-422883-2

Spiegel, M., Lipschutz, S., Schiller, J., & Spellman, D. (2011). *Variable compleja* (2nd ed.). Mc Graw Hill.

Tejedor, L. (1998). *Estudio de Películas Delgadas de níquel Evaporado en Vacío*. Madrid: Sociedad Española de Física y Química.

Thomee, V. (2006). *Galerkin Finite Element Methods for Parabolic Problems*. Springer.

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

Recebido/Submission: 27/09/2019
Aceitação/Acceptance: 30/11/2019

Análisis y corrección de la postura empleando la tecnología de la cámara KINECT

Wilmer Albarracín[1], Francisco Jurado[1], Luis Chuquitarco[1], Iveth Carolina Proaño[1]

walbarracin@uisrael.edu.ec, fjurado@uisrael.edu.ec, chargudy@hotmail.com, caproanio@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 227–236

Resumen: La importancia que el mantener una correcta postura corporal durante las horas laborables para mantener un buen estado de salud en las personas en la actualidad se ha evidenciado en varios estudios que presentan el aumento de las denominadas patologías músculo esqueléticas desarrolladas en la región dorsal baja debido a que los trabajadores adoptan al poco tiempo de empezar la jornada laboral malas posturas por diversos factores como falta en la educación de la postura, estrés, inadecuada ergonomía del puesto de trabajo entre otras, es así como tomando en cuenta esta problemática se ha plantea en el presente trabajo el desarrollo de una aplicación para evaluar la postura de las personas mientras realiza sus actividades laborales diarias mediante el empleo de la tecnología de la cámara Kinect.

Palabras-clave: Kinect, postura, salud, Tecnología.

Development of a prototype for measuring vital signs of older adults using lower limb prostheses.

Abstract: The importance of maintaining a correct body posture during working hours to maintain a good state of health in people, nowadays has been evidenced in several studies that show the increase in so-called skeletal muscle pathologies developed in the lower dorsal region, Because workers soon adopt bad postures shortly after starting the workday, this happened due to various factors such as lack of posture education, stress, inadequate ergonomics of the job, among others, this is how taking into account this problem has arisen in the present work the development of an application to evaluate the posture of people while performing their daily work activities through the use of Kinect camera technology.

Keywords*:* Kinect, posture, health, technologies.

1. Introducción

En la actualidad, la importancia que el mantener una correcta postura corporal en su lugar de trabajo para las personas se evidencia debido a que al hacerlo se previenen

el desarrollo de diversas enfermedades como lumbalgias, contracturas musculares o ciática entre otras, mismas que a largo plazo llegan a afectar el normal desarrollo de las actividades de las personas, tomando en cuenta que el factor humano en todo sistema de trabajo requiere de disponer de seguridad y comodidad para lograr alcanzar un óptimo desempeño al no tener molestias por posturas incorrectas durante el desarrollo de las actividades (Velásquez, 2001).

Los avances tecnológicos que se desarrollan dentro del campo de la salud han permitido la incorporación de nuevas tecnologías médicas que alcanzan gran eficacia al momento de diagnosticar un problema en la salud o en la realización de las terapias, permitiendo la incorporación de la tecnología en los diversos sistemas de asistencia existentes (Guerrero Pupo, Amell Muñoz, & Cañedo Andalia, 2004), tomando como punto de partida esta problemática, se planteó el desarrolló del presente proyecto, mediante el cual se realizará la verificación constante y en tiempo real de la postura de una persona empleando una representación gráfica de las articulaciones representadas por vectores para tener puntos de referencia y adquirir datos de la posición de la persona, estos puntos de referencia como lo son las articulaciones como el codo que permite determinar la posición de los brazos, las rodillas para las piernas y el cuello para referenciar la espalda, con base en estas consideraciones se elaboró el algoritmo para calcular el ángulo que se forma entre los puntos de referencia y las diferentes partes del cuerpo, con el objetivo de determinar si la persona se encuentra dentro de los parámetros considerados como correctos en su postura, la aplicación consta de un temporizador configurado para determinar si dentro de un minuto la persona mantiene una posición inadecuada, logrando de esta forma generar un registro por hora el cual contiene los datos de tiempo y de la articulación que mantuvo una postura incorrecta.

2. Sistema de análisis de postura

El dispositivo principal que forma parte del sistema es la cámara Kinect fue desarrollado por Microsoft como accesorio para la consola de video juegos Xbox 360 creada para captar, descifra los movimientos del cuerpo como los gestos y la voz del usuario. El dispositivo cuenta una cámara RGB, un sensor de profundidad, micrófono de múltiples matrices, estos tres componentes proporcionan una captura de movimiento en 3D, reconocimiento facial y capacidades de reconocimiento de voz.

Con estas características que presenta la cámara Kinect despertó la curiosidad de algunas personas por emplearla en otras al conectarla al computador por medio del USB, Héctor Martin tuvo éxito al poder *hackear* el dispositivo para desarrollar la primera aplicación empleando la cámara RGB y las funciones de sensibilidad a la profundidad del dispositivo. Posteriormente del lanzamiento del código abierto junto con el middleware "intercambio de información entre aplicaciones".

Sin duda el dispositivo Kinect ha despertado la atención de investigadores, y educadores, en el transcurso de tiempo se creado diversas aplicaciones en la educación, en la salud y el entretenimiento, en el campo de la salud se la empleo para realizar la captura de movimiento en rehabilitación aplicada para ayudar a la gente con lesiones y de este modo puedan realizar una rehabilitación, basándose en esta idea se realizó el proyecto por

medio del cual se elaboró un entrenador virtual para el uso de fisioterapeutas y pacientes en fisioterapia con ejercicios físico («Gamasutra: Daniel Lau's Blog—The Science Behind Kinects or Kinect 1.0 versus 2.0», s. f.), otro proyecto en donde se empleó este dispositivo fue en la captura de movimientos en la danza, donde se puede visualizar y evaluar en tiempo real la diversidad de los movimientos durante el desarrollo del ballet (Mayo & Ramírez, 2015).

2.1. Desarrollo del sistema.

Para la implementación se requiere la cámara Kinect Xbox 360, un computador junto a un caballete para colocar la cámara además del programa Visual Studio donde se elaborará el programa correspondiente.

Como se observa en la Figura 1 donde se presenta el diagrama de flujo del sistema, de forma general el sistema empieza con el análisis una vez que la aplicación recibe los datos por medio de la cámara Kinect la cual se encuentra conectada a un computador donde el programa desarrollado en Visual Studio el cual consta de tres pantallas, en una de ellas se muestra la representación gráfica del usuario, la segunda pantalla presenta la imagen de la cámara en color RGB y la última presenta la imagen de la cámara de profundidad, de esta forma y en base a la programación desarrollada se obtienes los datos para definir si la persona se encuentra en un postura correcta o incorrecta.

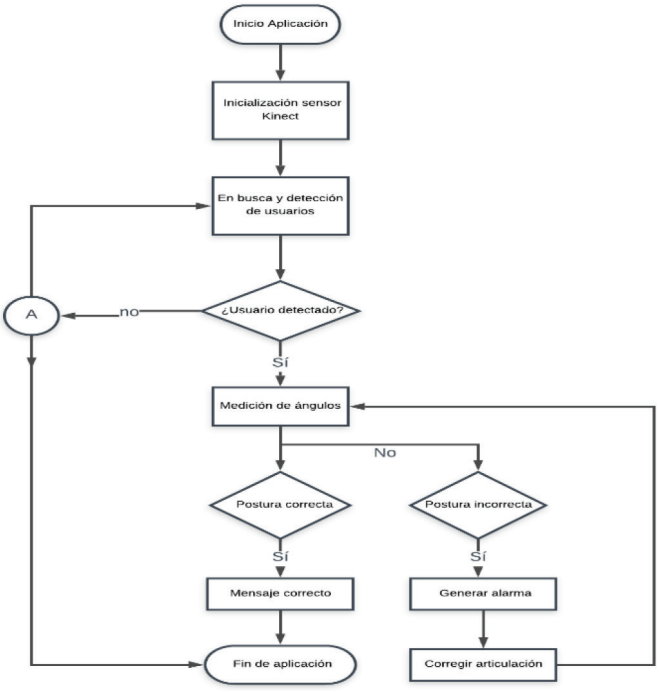


Figura 1 – Diagrama de Flujo

2.2. Análisis de la postura

Para el desarrollo del algoritmo de análisis de la postura se tomaron en cuenta según la información relacionada a la ergonomía (Web de la Espalda, 2016), esta se presenta en la Tabla 1.

Extremidad	Observaciones
Espalda	Se debe mantener la espalda apoyada sobre el respaldo del asiento formando un ángulo de 180 grados
Brazos	Los brazos deben estar a la altura de la mesa, con ángulo de 90 grados
Piernas	Se debe mantener las piernas paralelas, sin cruzar y los pies apoyados al suelo, con un ángulo de 90 grados
Hombros	Se debe mantener relajados con un ángulo de 120 grados

Tabla 1 – Ángulos que forman las articulaciones

Con base en los parámetros de la Tabla 1 se desarrolló el algoritmo el cual al detectar al usuario este es representado de forma gráfica mediante el flujo de datos proporcionado por *Skeleton Stream*, el cual envía datos de tramas constantes para ser posicionadas en tres dimensiones (x, y, z), como siguiente paso se realiza el cálculo del ángulo que forman las articulaciones y poder definir los puntos de articulaciones que permitirán la toma de estos datos como se muestra en la Tabla 2.

Extremidad	Puntos de articulaciones que la componen		
	Punto Centro	Vector (1)	Vector (2)
Brazo izquierdo	Codo	Codo – Hombro Izquierdo	Codo – Muñeca Izquierda
Brazo derecho	Codo	Codo - Hombro Derecho	Codo - Muñeca Derecha
Pierna izquierda	Rodilla	Rodilla - Cadera Izquierda	Rodilla - Tobillo Izquierda
Pierna derecha	Rodilla	Rodilla - Cadera Derecha	Rodilla - Tobillo Derecho
Hombros	Espalda	Espalda - Hombro Izquierdo	Espalda - Hombro Derecho
Espalda	Espina	Espina - Espalda	Espina – Cabeza
Tronco	*Cadera*	Cadera - Espalda	Cadera – Rodilla

Tabla 2 – Extremidades definidas en la aplicación

Partiendo de la información que se obtendrá con los parámetros definidos en la Tabla 2, el proceso para hacer el cálculo del ángulo es formar vectores con las articulaciones para para obtener las mediciones como se presenta en la Figura 2.

$$\cos^{-1}\frac{A.B}{|A||B|} \quad (1)$$

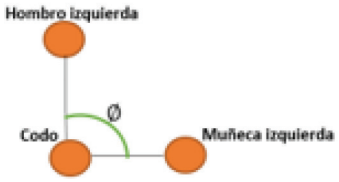


Figura 2 – Ejemplo de medición ángulo brazo izquierdo

De la información revisada las articulaciones forman un ángulo que debe ser considerado para tener una postura correcta ideal, en la aplicación se planteó un rango mínimo y máximo para determinar si la postura es la adecuada además se toma en cuenta que en el Ecuador la estatura promedio de los hombres es de 1.64 cm y de mujeres 1.52 cm (El Telégrafo, 2017), a este dato se debe sumar y restar el valor de 15 a los ángulos para poder obtener la postura ideal como se muestra en la Tabla 3, este dato se lo determino en base a la norma de salud e higiene ocupacional donde se determina que el ángulo formado de la articulaciones se debe sumar y resta 15 grados debido al promedio de estatura de los habitantes en Latinoamérica que es de 1.65cm los hombres y las mujeres 1.50 cm.

Extremidad	Angulo postura correcta	Mínimo	Máximo
Espalda	180	165	195
Brazos	90	75	105
Piernas	90	75	105
Hombros	120	105	135
Tronco	120	105	135

Tabla 3 – Ángulos que forman las articulaciones

3. Resultados

Para validar el correcto funcionamiento de la aplicación se realizaron pruebas con una persona colocada a una distancia de 2.6 m del sensor Kinect el cual estará colocado a una altura de 0.86 m sobre el nivel del suelo, como se muestra en la Figura 3.

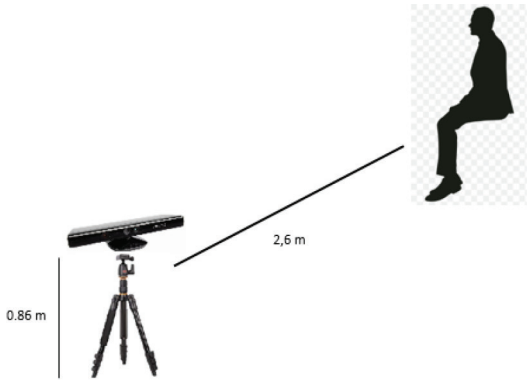


Figura 3 – Detección de postura por Kinect

Con la información del usuario se realiza la creación del registro, para empezar con la toma de datos para esto se solicitó a la persona que tomara la posición de trabajo cotidiano en un escritorio, a continuación, se valida el almacenamiento de los datos que la cámara Kinect proporciona para determinar si la persona está en una postura correcta o incorrecta, en la Figura 4 y Figura 5 se muestra la interfaz de usuario del programa donde se visualizan los datos en tiempo real, en estas se muestran como ejemplo la toma de información de una persona en posición incorrecta y correcta respectimanente.

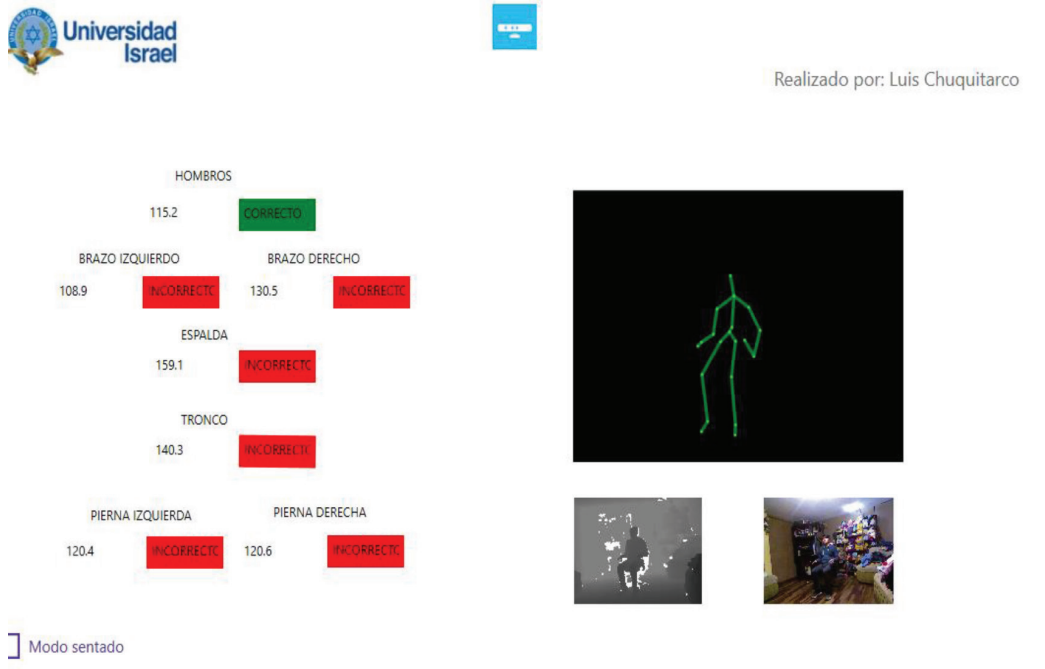


Figura 4 – Visualización del análisis de la postura incorrecta

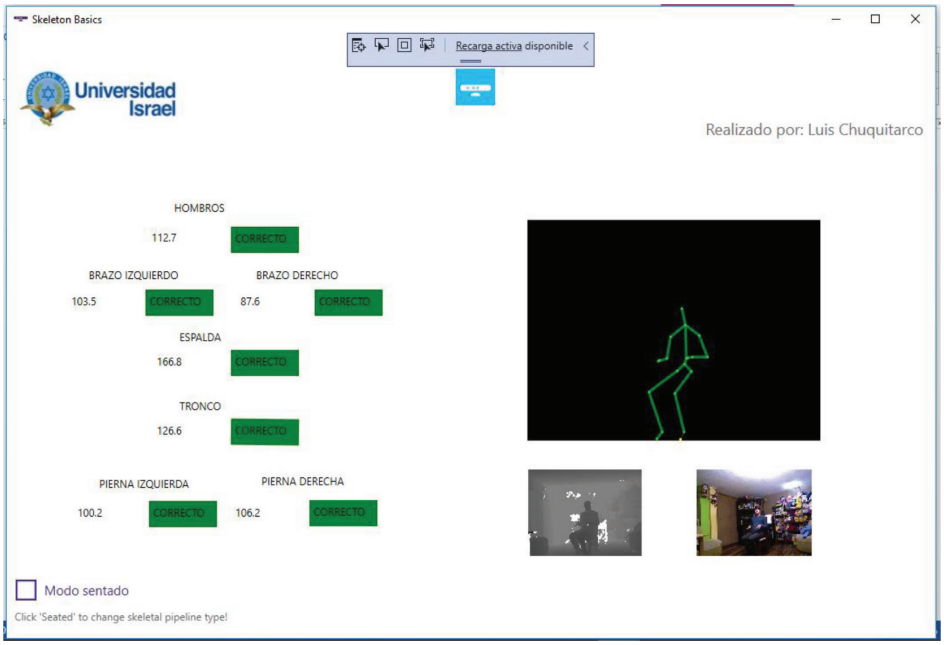
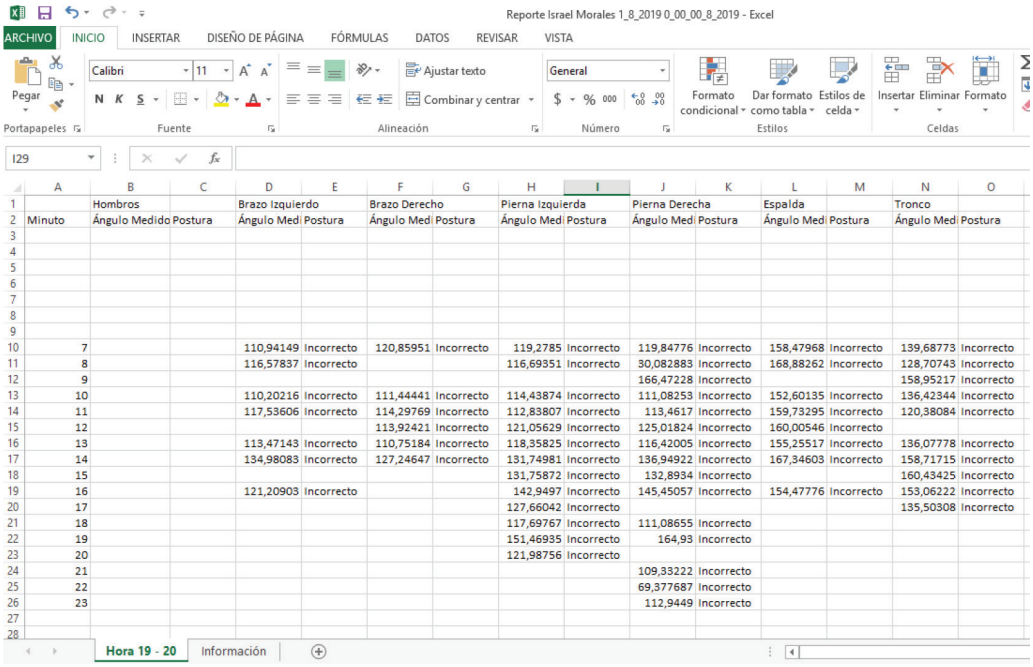


Figura 5 – Visualización del análisis de la postura correcta



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		Hombros		Brazo Izquierdo		Brazo Derecho		Pierna Izquierda		Pierna Derecha		Espalda		Tronco	
2	Minuto	Ángulo Medido	Postura	Ángulo Med	Postura	Ángulo Med	Postura	Ángulo Med	Postura	Ángulo Med	Postura	Ángulo Med	Postura	Ángulo Med	Postura
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10	7			110,94149	Incorrecto	120,85951	Incorrecto	119,2785	Incorrecto	119,84776	Incorrecto	158,47968	Incorrecto	139,68773	Incorrecto
11	8			116,57837	Incorrecto			116,69351	Incorrecto	30,082883	Incorrecto	168,88262	Incorrecto	128,70743	Incorrecto
12	9									166,47228	Incorrecto			158,95217	Incorrecto
13	10			110,20216	Incorrecto	111,44441	Incorrecto	114,43874	Incorrecto	111,08253	Incorrecto	152,60135	Incorrecto	136,42344	Incorrecto
14	11			117,53606	Incorrecto	114,29769	Incorrecto	112,83807	Incorrecto	113,4617	Incorrecto	159,73295	Incorrecto	120,38084	Incorrecto
15	12					113,92421	Incorrecto	121,05629	Incorrecto	125,01824	Incorrecto	160,00546	Incorrecto		
16	13			113,47143	Incorrecto	110,75184	Incorrecto	118,35825	Incorrecto	116,42005	Incorrecto	155,25517	Incorrecto	136,07778	Incorrecto
17	14			134,98083	Incorrecto	127,24647	Incorrecto	131,74981	Incorrecto	136,94922	Incorrecto	167,34603	Incorrecto	158,71715	Incorrecto
18	15							131,75872	Incorrecto	132,8934	Incorrecto			160,43425	Incorrecto
19	16			121,20903	Incorrecto			142,9497	Incorrecto	145,45057	Incorrecto	154,47776	Incorrecto	153,06222	Incorrecto
20	17							127,66042	Incorrecto					135,50308	Incorrecto
21	18							117,69767	Incorrecto	111,08655	Incorrecto				
22	19							151,46935	Incorrecto	164,93	Incorrecto				
23	20							121,98756	Incorrecto						
24	21									109,33222	Incorrecto				
25	22									69,377687	Incorrecto				
26	23									112,9449	Incorrecto				
27															
28															

Figura 6 – Registro de los datos de postura

Esta información se la puede exportar a un archivo del tipo hoja de cálculo, en la Figura 6 se muestra como la aplicación almacena los datos del ángulo y la postura incorrecta del usuario, este será censado cada minuto si la articulación se encuentra fuera de rango mayor de 1 min será considerado postura incorrecta, durante este tiempo el usuario puede tener pausas activas siempre y cuando regrese a una postura correcta durante el minuto la aplicación no almacenará estos datos.

4. Conclusiones

Mediante la realización de un estudio ergonómico insht "Instituto Nacional de Seguridad y Bienestar en el trabajo" los aspectos más notables son los ángulos que forman las articulaciones del esqueleto humano, es decir la postura del usuario.

Este tipo de dispositivo ayuda al monitoreo y cuidado de un adulto mayor que requiere de atención constante para minimizar el riesgo de sufrir problemas evitables cuando se controla de forma constante los parámetros de signos vitalesMediante el análisis ergonómico realizado por la aplicación para la captura de las articulaciones del usuario se puede desarrollar el algoritmo matemático basado en programación Visual Studio garantizando la captura de los 7 ángulos que se forman entre ellas desde (X° a Y°) una vez ya obtenidos estos valores permite definir si la posición de la persona se encuentra en una postura correcta o incorrecta.

A través de esta investigación se pudo evidenciar que la cámara Kinect cuenta con varias propiedades para el diseño de diferentes aplicaciones en distintas áreas; industrial, entretenimiento y en la medicina, dado que la Kinect tiene un costo mínimo para su adquisición y su entorno de programación es amigable para el desarrollo de las aplicaciones.

Mediante un registro de control que emite la aplicación, permitirá que el evaluador tenga un enfoque más eficaz para determinar si el usuario en sus horas laborales tiene mayor índice de una postura incorrecta, con este análisis podrá dar soluciones evitando enfermedades que puede ocasionar en una mala postura a un largo plazo.

Se determinó que, tras la realización de las pruebas de funcionamiento del prototipo por parte del personal administrativo, la misma considera que, el dispositivo permite el análisis de una postura correcta o incorrecta.

Mediante la norma investigada salud e higiene ocupacional el cálculo que se realiza al ángulo formado de la articulaciones se debe sumar y resta 20° a todas las mediciones calculadas, por el estándar de media que poseen las personas en países Americanos y Europeos por la altura mínima de los habitantes es de 1.75cm los hombres y las mujeres 1.65cm, para nuestro países se le debe sumar y resta 15° debido a que la estura mínima de hombres es 1.65cm y de mujeres 1.50 cm a esta medida fue desarrollada la aplicación.

Referencias

Baroja Payan, E., Juarez Rivera, V., Rojas Duran, R., & Velásquez Calderón, R. (8 de 2014). Aplicación de la técnica RULA en el área de empaquetado mediante tecnología.

Bernal Iñiguez, J. (2014). Diseño, construcción e implementación de un sistema de captura de movimiento para análisis ergonómico de riesgo laboral de extremidades superiores. Cuenca.

Kinect. Obtenido de Aplicación de la técnica RULA en el área de empaquetado mediante tecnología Kinect.: https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/121/543

El Telégrafo. (2017, octubre 25). La estatura de los ecuatorianos se incrementó en cuatro décadas. Recuperado 20 de octubre de 2019, de El Telégrafo—Noticias del Ecuador y del mundo website: https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/la-estatura-de-los-ecuatorianos-se-incremento-en-cuatro-decadas

Ergonomía. (28 de junio de 2016). La salud y seguridad en el trabajo. Recuperado de:

http://www.espalda.org/divulgativa/su_espalda/trabajadores/workers.asp

Escobar, F. (17 de 1 de 2014). Aspectos Importantes. Obtenido de Aspectos Importantes: http://freimarescobar13.over-blog.com/2014/01/la-ergonomia-y-el-ambitolaboral.html

Gamasutra: Daniel Lau's Blog—The Science Behind Kinects or Kinect 1.0 versus 2.0. (s. f.). Recuperado 20 de octubre de 2019, de https://www.gamasutra.com/blogs/DanielLau/20131127/205820/The_Science_Behind_Kinects_or_Kinect_10_versus_20.php

Guerrero Pupo, J. C., Amell Muñoz, I., & Cañedo Andalia, R. (2004). Tecnología, tecnología médica y tecnología de la salud: Algunas consideraciones básicas. *ACIMED*, *12*(4), 1-1.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). NP Erga-FP 35. Trabajo en posición sentado. España.

Larumbe Bergera, A., & Villanueva Larre, A. (2015). Modelado 3D de cabeza mediante Kinect. Pamplona.

Leadbetter, R. (20 de julio de 2010). Las especificaciones técnicas finales de Kinect. Obtenido de Las especificaciones técnicas finales de Kinect: https://www.eurogamer.es/articles/digitalfoundry-especificaciones-finales-kinect

Lucero Guerrero, P. (2014). Diseño, Experimentación y Evaluación de prácticas en el Área de Ergonomía, modelado Biomecánico y Análisis de movimiento para un Laboratorio de Ingeniería Biomédica en la Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca.

Martínez Castro, V. (28 de 02 de 2012). Ergonomía en trabajos de oficina. Obtenido de Ergonomía en trabajos de oficina: http://prevencionar.com/2012/02/28/ergonomiaen-trabajos-de-oficina/

Mayo, A., & Ramírez, E. (2015). *Entorno Colaborativo para la Enseñanza de Coreografías empleando un Kinect*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Esmitt_Ramirez/publication/283470992_DanceNet_Entorno_Colaborativo_para_la_Ensenanza_de_Coreografias_empleando_un_Kinect/links/563985ef08ae4624b75f0345/DanceNet-Entorno-Colaborativo-para-la-Ensenanza-de-Coreografias-empleando-un-Kinect.pdf

Murillo, A. (s.f.). Kinect for developers. Obtenido de Kinect for developers: http://www.kinectfordevelopers.com/es/2012/11/06/que-es-el-dispositivo-kinect/

Velásquez, M. del R. P. (2001). Importancia del diseño de la estación de trabajo y la buena postura. *Industrial Data*, *4*(1), 051–053.

Villacres Cornejo, L. (2018). Diseño de un sistema interfaz para el reconocimiento y traducción de gestos corporales al lenguaje natural (escrito, hablado) mediante el sensor Kinect de Microsoft, para personas con capacidades diferentes. Guayaquil.

Web de la Espalda. (2016). Web de la Espalda. Recuperado 20 de octubre de 2019, de http://www.espalda.org/divulgativa/su_espalda/trabajadores/workers.asp

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

Recebido/Submission: 31/07/2019
Aceitação/Acceptance: 01/10/2019

Estrategia de los Mapas Mentales Armónicos (MMA) para la Comprensión y Producción de textos narrativos en estudiantes universitarios

Pedro Félix Novoa Castillo[1], Juan Carlos Palomino Paredes[2], Luzmila Lourdes Garro Aburto[3]

pedro.felix.novoa.castillo@gmail.com, jcpalominouni@gmail.com, lourdesgarro.ga@gmail.com

[1] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 15116, Puente Piedra, Perú.

[2] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 07011, San Miguel, Perú.

[3] Universidad César Vallejo, Lima, 15023, La Molina, Perú.

Pages: 237–260

Resumen: La investigación se planteó como propósito fundamental explicar los beneficios que brinda el uso de los Mapas Mentales Armónicos (MMA) como estrategia didáctica tanto en la comprensión como la producción de textos narrativos en estudiantes universitarios. Para ello se trabajó con los estudiantes de pregrado de la Facultad de Educación de la UNMSM durante el I semestre del 2018. Los MMA se sustentan en bases cognitivistas, constructivistas y algunos postulados de la pragmática y la Teoría de la recepción. La metodología empleada estuvo dentro del diseño cuasiexperimental. El recojo de información fue a través de las adaptaciones de las Pruebas PISA 2015 y Proesc 2002. El trabajo llegó a la conclusión de que los MMA influencian significativamente la comprensión y la producción de textos narrativos de estudiantes universitarios.

Palabras-clave: Mapa Mental Armónico, TIC, Texto narrativo, Comprensión lectora, Producción de textos, Organizador visual de información.

Harmonic Mind Map (HMM) strategy in the understanding and production of narrative texts in university students

Abstract: The research was intended as a fundamental purpose to explain the benefits of using Harmonic Mind Maps (HMM) as a teaching strategy in the understanding and production of narrative texts in university students. For this, it was worked with the undergraduate students of the Faculty of Education of the UNMSM during the I semester of 2018. The HMM are based on cognitive and constructivist bases, and some postulates of the pragmatics and the Reception Theory. The methodology used was within the quasi-experimental design. The collection of information was through adapting PISA Tests 2015 and Proesc 2002. The work concluded that HMMs significantly influence the understanding and production of narrative texts in university students.

***Keywords**:* The Harmonic Mental Map, ICT, Narrative text, Reading comprehension, Text production, Visual information organizer.

1. Introducción

En estos últimos tiempos se ha observado un acelerado crecimiento de la interacción digital y la juventud, pero que ha sido y viene siendo asimétrica en el sentido que, en vez de alumno, se ha configurado un usuario consumista. Un cliente cautivo que está al tanto de lo novedoso, pero no de lo innovador. El joven que no crea tecnología, sino que solo es competente pagando por usarla. El mecanismo perverso es volver a la juventud una masa encandilada con sus teléfonos móviles sin pretensiones mayores que el entretenimiento y el voraz y compulsivo comentario superficial en redes. En resumen, la juventud no produce conocimiento, prefiere y le es más cómodo consumirlo. Y no produce, porque precisamente no comprende.

Es en este contexto que la presente investigación propone una estrategia didáctica empleando como anclaje a los MMA. Mapas Mentales Armónicos que se diseñan de manera virtual a través de aplicativos libres e intuitivos como el *Goconqr*[1]. Los MMA son versiones mejoradas de los mapas mentales tradicionales, diseñados en plataformas digitales que aseguran su ramificación simétrica.

Los MMA como estrategia se emplearán después de la lectura, pero antes de la producción. En ambos casos, se constituirán como un conjunto de acciones organizadas hacia el cumplimiento de un fin (Ariño y del Pozo, 2013), donde tanto el docente a cargo de la estrategia como los estudiantes contribuyen al logro autorregulado de los fines propuestos (Campos, 2000). En este caso el de comprender un texto narrativo y producirlo.

Con relación a la comprensión lectora se aplicará los MMA como estrategia post-instruccional (Díaz y Hernández, 2002), ya que luego de haber leído el texto narrativo se elaborará el organizador gráfico en el entorno Goconqr. Un entorno que ha sido empleado para el aprendizaje invertido en el desarrollo de la lectura (Sperandio, 2017) o el mapeo mental (Dewantara, 2019) con bastante flexibilidad, gracias a sus variados recursos de autorregulación, interacción, portabilidad manifestado en la experiencia invertida.

Correspondiente a la producción de textos narrativos se emplearán los MMA como estrategia pre-instruccional, ya que le permitirá al alumno esbozar una estructura y secuencialidad narrativa en el organizador visual.

Tanto en la comprensión como en la producción los MMA activarán procesos cognitivos asociados a la memoria semántica (recuperación de información o asociación con los saberes previos), entendiendo a la memoria semántica como una gran red de información interconectada en nuestra mente (Cuetos, 2012) que se ordena y sistematiza gracias a un esquema visual (MMA).

[1] Existen diversos aplicativos como el *miMind*, *Lucidchart*, *xmind*, entre otros.



Figura 1 – MMA para clase introductoria 1. (recortada)
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/18503678/-qu-es-leer-y-escribir-

2. Problemática

Tanto la escritura como la escritura denotan una complejidad profunda. Implica construcciones elaboradas de significado y sentido, recuperación de información y asociación con lo ya conocido, reflexión y crítica (De Ramírez, 2000). Esto hace que durante la universidad los estudiantes hayan estado arrastrando problemas de otros niveles inferiores y añadiendo otros nuevos. Esto explica en parte los bajos niveles de comprensión lectora que demuestran los universitarios en los primeros ciclos (Neira, Reyes y Riffo, 2015). Algunos estudiantes presentan además de las carencias en bagaje cultural y lexical, actitudes negativas como el conformismo y un marcado pragmatismo de escribir o leer solo para las evaluaciones (Villegas y García, 2015; Carlino, 2005); pero también los docentes caen en problemas como la reiteración de metodologías desfasadas y meramente expositivas, así como la institución educativa que insiste en sistemas resultadistas. Hay que, por tanto, no caer en lo perniciosamente expositivo, sino en buscar actividades significativas que distribuyan las acciones cognitivas de leer y escribir. Porque si continuamos apelando a lo tradicional, el que refuerza lo aprendido es el profesor y algunos alumnos que no necesitan mucho de la exposición magistral; pero los que sí necesitan aprender, se verán desprovistos (Carlino, 20015).

Es por ello, que en el análisis de meta data sobre esta problemática se resalta el aporte de Bombini (2018) quien realizó una investigación para mapear las propuestas didácticas orientadas a mejorar la lectura y la escritura académica en las universidades. Detectó dos factores relevantes en la problemática: la elección de los textos para leer y los tipos

de escritura. Donde el desafío esencial sería romper los parámetros que separan lo académico de lo no académico, y buscar despertar al margen de la elección del texto a leer y el tipo de escritura que se realizará, una actitud permanente de indagación.

Siguiendo esta directriz, la presente investigación optó por elegir un texto narrativo para la comprensión lectora y para la escritura, la redacción de un texto narrativo también. Para no reforzar la generalización de algunos investigadores en creer que todas las narraciones son textos simples y cotidianos (MacNamara, 2004), en comprensión lectora se trabajará con dos cuentos de Jorge Luis Borges, considerado un literato de alta valoración tanto en la complejidad de la forma, como en lo profundo de su contenido.

2.1. Trabajos previos

Dentro de la problemática de la comprensión lectora en estudiantes universitarios, uno de los trabajos pioneros proponiendo una intervención desde lo didáctico es la investigación de Pizarro (2008), quien aplicó los Mapas mentales para mejorar la comprensión lectora. Sus resultados fueron significativos, pero aún así los estudiantes no salían de los umbrales medio y bajo de su capacidad comprensiva.

Otro estudio de relevancia que se tomó en cuenta para esta investigación, fue el aporte de Muñoz, Ontoria y Molina (2011), quienes emplearon los mapas mentales para la generación de conocimientos en estudiantes del nivel superior, calificando al Mapa Mental como una herramienta multisensorial para mejorar procesos mentales del pensamiento. Es importante la consolidación de los organizadores mentales amparados por el fuerte impulso cognitivista de las últimas décadas.

Pero no solo los estudios avanzados del cerebro se relacionaron con aspectos educacionales, paralelamente, las teorías del aprendizaje experimentaron una inserción casi ubicua de lo informático que ya se veía venir desde la aparición de las computadoras personales. Pero el influjo de la Internet y la microtecnología reconfiguró el escenario educativo, dando paso a la omnipresencia de las TIC.

Es así que Flores, Díaz y Lagos (2017) realizaron una investigación sobre la comprensión lectora de textos expositivos en entorno digital, impreso y autorregulado, con el propósito de verificar si existían diferencias en los rendimientos de comprensión de acuerdo a los entornos. El hallazgo fue que los estudiantes universitarios obtuvieron niveles adecuados de autorregulación, pero baja comprensión lectora tanto en un entorno físico con el virtual (con ligeras diferencias entre ambos), llegando a la conclusión de que el entorno no influye en la comprensión, sino las competencias individuales de cada lector.

De pronto, había que retomar el enfoque a lo didáctico, para buscar resolver mejor la problemática de la baja comprensión lectora. En esta línea, Escobar (2018) llevó a cabo una investigación donde a través del empleo de organizadores gráficos como estrategia didáctica mejoró significativamente la comprensión lectora, entre los organizadores destacó los Mapas Mentales. Para ello desarrolló una secuencia didáctica de seis sesiones (20 horas) segmentadas a su vez en momentos para explorar, desarrollar y aplicar.

Con respecto a la problemática de la escritura en la universidad, el camino ha sido más o menos el mismo. El influjo del constructivismo y lo cognitivo, pobló el discurso pedagógico con términos como conflicto cognitivo, metacognición, y construcción de los propios aprendizajes. Paralelamente a ello, lo tecnológico también se apuntaló al fenómeno, reconfigurando la producción de textos a través de la computadora, los entornos virtuales, la escritura y corrección cooperativa, entre otros. Es en este aspecto, resaltante lo investigado por Álvarez y Taboada (2016), quienes abordaron la producción de textos explicativos a través de entornos como Facebook y Moodle; y concluyeron que ambas plataformas virtuales facilitaban mucho la escritura y la comunicación en general. Sin embargo, la realidad ponía el gesto adusto a estos resultados y seguía manifestando problemas de redacción, precariedad temática, dificultades en la cohesión y coherencia textual, entre otros. Por ello, González (2017) propone una plataforma virtual de autoaprendizaje para desarrollar textos académicos en universitarios, optando por un modelo ecléctico a partir de la identificación de tres modelos básicos de estrategias para la producción textual: (1) un modelo orientado al producto, donde se afianza el conocimiento y la práctica de la gramática; (2) un modelo orientado al proceso, donde se establecen etapas de la escritura como planificación, textualización, revisión y publicación; y (3) un modelo contextual, direccionado dentro de un determinado discurso dentro de una situación específica. Precisamente esta investigación ha tomado de los tres modelos aportes puntales para proponer una estrategia también ecléctica para abordar la problemática. Otro de los últimos aportes, es el de Naval y Morais (2019). Quienes realizan una metainvestigación sobre la producción académica en habla hispana y entre otros resultados, resaltan el predominio del enfoque cuantitativo sobre el cualitativo, y la aparición sostenida de las TIC, aunque con una todavía preferencia por lo convencional. En lo metodológico, la mayoría de trabajos buscan solidez en el método para asegurar una transformación significativa, dentro de un contexto tan cambiante y fluido como el de las comunicaciones actuales. Resultan importantes las conclusiones de este trabajo, porque permite flexibilizar al docente en el uso mixto de sus recursos y no saturar o predeterminar de manera monótona solo material digital o solo material físico.

Dentro de los trabajos previos que abordaron de manera simultánea tanto la comprensión lectora como la producción en el ámbito universitario está el aporte de Aguirre, Maldonado, Peña y Rider (2015). Ellos compilaron una treintena de años en el ejercicio docente dentro del ámbito universitario, donde reflexionaron sobre la producción y la comprensión de textos en la Universidad. Documento donde se resalta la falta de una metodología coherente para abordar la problemática y proponer una alternativa de solución en consonancia con una contemporaneidad cambiante, líquida y contradictoria. En esta misma perspectiva, Cabero, Ballesteros y López (2015) propusieron el empleo de un organizador visual afín al Mapa mental, los Mapas conceptuales a través del entorno Mindomo. Los resultados remarcaron los problemas tanto de comprensión como de producción de los participantes. Donde la gran mayoría evidenció problemas en la cohesión y coherencia textual.

La presente investigación entendió que tanto la comprensión lectora como la producción de textos se relacionan y que por ello habría que investigarlas juntas. Asimismo, que se debía proponer una estrategia didáctica que aborde a ambas con los aportes del cognitivismo, el constructivismo y las bondades de las TIC y los entornos virtuales de aprendizaje.

2.2. Población y muestra

El trabajo investigativo desarrollado fue del tipo aplicado, un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental. El universo poblacional estuvo constituido por 1207 estudiantes de ambos sexos, matriculados en el año 2018 I de la Facultad de Educación[2]. La muestra fue de 292 calculada según fórmula detallada en la Figura 2. El muestreo fue probabilístico, tipo aleatorio simple (Malhotra, 2008), realizado a través del SPSS.

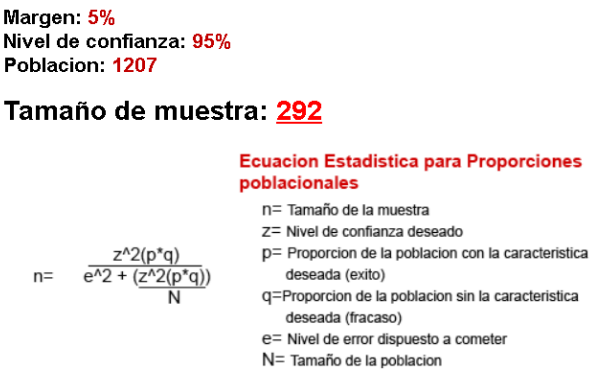


Figura 2 – Ecuación estadística de la Población y Muestra

Grupo	Participantes
Control	148
Experimental	144
Total	292

Tabla 1 – Participantes por grupo

2.3. Instrumentos, método e hipótesis

Los instrumentos empleados en la investigación fueron para la comprensión lectora de textos narrativos, una prueba adaptada tipo PISA; y para la producción de textos, una adaptación de la prueba PROESC. La primera tuvo una confiabilidad de 0,870 y la segunda de 0.88 según el KR20. Ambos instrumentos fueron aplicados a un pilotaje de 20 estudiantes de una universidad nacional peruana. La validez fue por medio de juicio de expertos que analizaron el contenido de cada prueba, evaluando la pertinencia, relevancia y claridad de cada ítem, así como en consolidado la suficiencia y viabilidad de su aplicación. Los cuatro expertos: Dra. Flor de María Sánchez, Dr. Fernando Ledesma, Dra. Juana Cruz Montero y la lingüista, Mg. Rosalinn Francisca Cancino Verde dictaminaron por unanimidad su validez. Para la comprensión lectora se tomaron los cuentos de Jorge Luis Borges: "*El jardín de los senderos que se bifurcan" (*Pre test disponible en https://www.goconqr.com/quiz/18715002/prueba-de-el-jard-n-de-

[2] Disponible en http://www.unmsm.edu.pe/transparencia/ingresantes

senderos-que-se-bifurcan-de-luis-borges*)* y "*El milagro secreto" (*Pos test disponible en https://www.goconqr.com/quiz/18726937/prueba-de-el-milagro-secreto-de-jorge-luis-borges*)*, de los cuales se evaluaran la comprensión textual, inferencial y crítico valorativo. Y para la producción de textos, se evalúo la coherencia y cohesión de un cuento de tema libre.

3. Los MMA como estrategia didáctica

Recientemente, Álvarez y Pascual (2019) realizaron una investigación para averiguar cuáles y cómo eran las estrategias didácticas que empleaban un grupo de docentes universitarios para incentivar y mejorar los niveles de lectura en sus alumnos. Los resultados determinaron que predominaban las estrategias que enfatizaban el desarrollo de habilidades conceptuales, otras por el contrario daban más énfasis al análisis del desempeño docente y sus habilidades. Y en todas las investigaciones, el componente práctico era lo resaltante más que lo teórico. Otro importante trabajo relacionado a la reflexión sobre estrategias didácticas para mejorar la comprensión fue la que realizó Gómez, Devís y López (2013) quienes repensaron la problemática de la comprensión a partir de la necesidad de adentrarse a su resolución a través de lo estratégico y explícito. Es así que tomando de base la macroestructura de Kintsch y Van Dijk propusieron un diseño estratégico macroestructural orientado en mejorar la comprensión lectora. De la misma manera para la escritura, Andrade (2009) manifiesta que estos modelos macroestructurales funcionan también para la producción de textos. Ya que con la esquematización se realizará mejor el plan narrativo que luego se plasmará en el papel o en la pantalla. Ambos trabajos tanto para la escritura como para la comprensión exigen

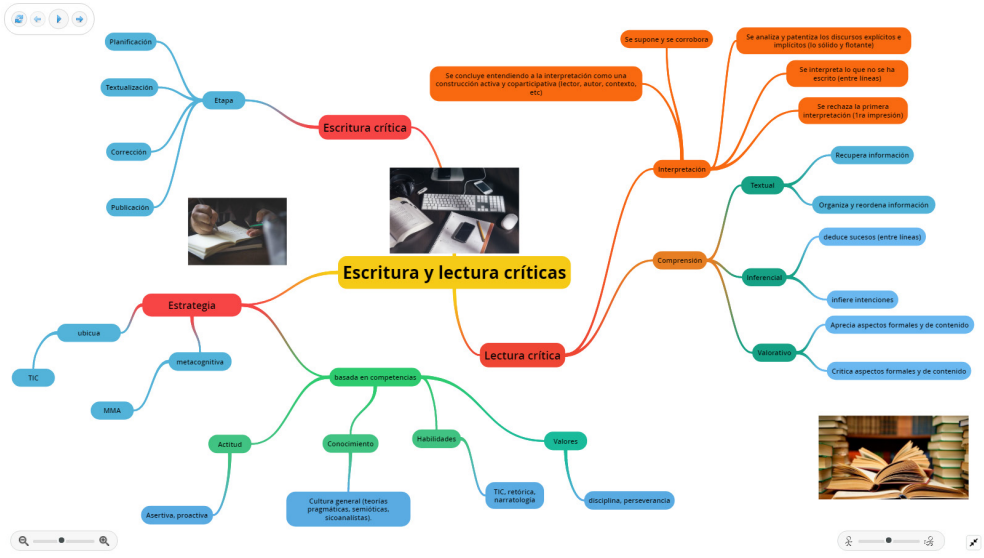


Figura 3 – MMA para clase introductoria 2
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/18505369/escritura-y-lectura-cr-ticas

un abordaje explícito, que provoque la reflexión metacognitiva del lecto escribiente. Es por todo ello, que en la presente investigación se abordó los MMA (Mapas Mentales Armónicos) como una estrategia explícita basada en la organización, planificación y generación de conocimiento, entendiendo desde el cognitivismo que un esquema no es solo una representación resumida de contenido asociado y resumido, sino que es un conocimiento en sí mismo. Para remarcar lo explícito de lo que realizará, se efectuaron dos clases introductorias a la lectura y escritura críticas. Entendiéndolas a ellas como un ejercicio riguroso y complejo en sí mismos.

La primera clase introductoria se abordó el proceso de leer y escribir postulando un tema controversial y valorativo para suscitar el debate en el aula. Se argumentó la idea de que existían escrituras y lecturas ingenuas o impresionistas y otras, más profundas, exigentes y críticas. Con esto se incentivó el debate en el aula y sirvió para provocar opiniones diversas a favor y en contra. Material básico para las comprensiones textuales, inferenciales y críticas; así como para las futuras producciones con coherencia y cohesión.

3.1. Los Mapas Mentales Armónicos (MMA)

Los Mapas Mentales Armónicos se basan en la propuesta primigenia de Buzan (1993) como aquel organizador visual de información que pone en acción los dos hemisferios cerebrales, ya que presenta información lingüística y no lingüística como colores, símbolos, íconos entre otros. Asimismo, los Mapas Mentales presentan una lógica expansiva que parte del centro hacia fuera en lo que denominan el pensamiento irradiante. Presenta un diseño en redes, donde las ramas parten del centro focal y se van subdividiendo hacia el exterior. Este tipo de conformación formal se emparenta con la gráfica representativa del campo semántico, donde precisamente se parte del centro focal hacia la periferia, estableciendo jerarquías y conexiones (Hopper, 2016). En estas redes se establece una cercanía de rasgos semánticos de acuerdo a la distancia para con el foco y para con los nódulos más próximos (Trier como se citó en Azcoaga, 1989). Asimismo, en investigaciones anteriores (Novoa, 2018; Novoa et al, 2018; Novoa y Cancino, 2018; Novoa, 2019) se acuñó los MMA criticando una característica oculta que se evidenciaba en la práctica: lo abigarrado. Los Mapas primigenios tenían muchas virtudes, pero había salido a flote este rasgo escondido, que fue reemplazado por la idea de lo armónico. Basándose en la idea de la arquitectura de lo estético, de que lo simétrico provoca una mejor distribución del espacio y por tanto cierto goce estético, se proyecta esta virtud hacia lo educativo, en el sentido de que lo armónico, al ser más bello, se contempla con más placidez y atención, por tanto, es más significativo que lo abigarrado y confuso. Para su diseño, los MMA recurren a aplicativos o programas que distribuyen las formas y agilizan la disposición de colores, imágenes e íconos. Flexibilizan la edición y se pueden añadir hipervínculos hacia videos, audios y otras informaciones propias del hipertexto.

3.1.1. Los MMA para la escritura

Los MMA se aplicarán progresivamente durante las etapas de planificación, textualización, corrección y publicación.

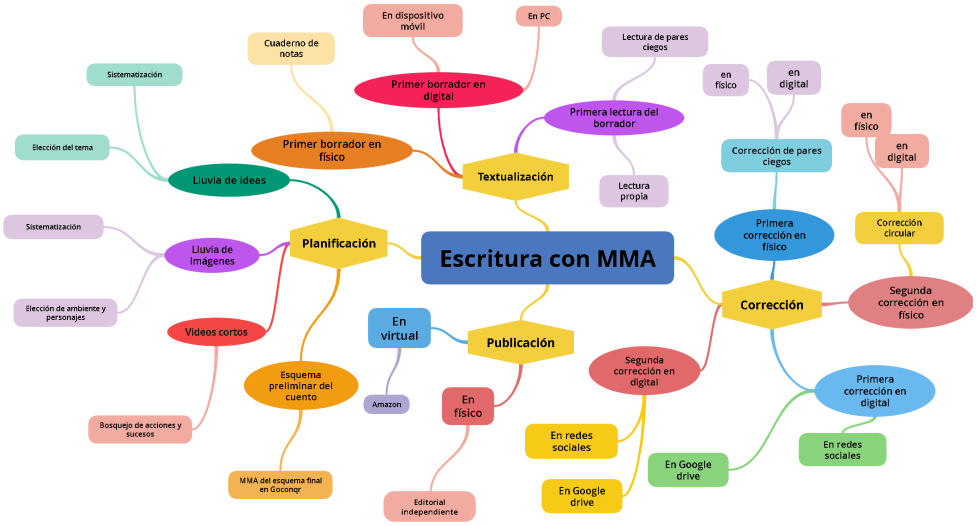


Figura 4 – MMA para la escritura (etapas)
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/20496935/escritura-con-mma

Planificación: los participantes realizan cada quien una lluvia de ideas del o de los temas que les interese escribir. Luego se realiza una lluvia de imágenes de Internet relacionada con los mismos conceptos, se puede visualizar uno o dos videos cortos sobre la temática de interés. La apelación a la imagen y al video se justifica porque activa de manera rápida y significativa la creatividad (Barber, 2016). Se emplea un MMA en entorno Goconqr para sistematizar los conceptos recurrentes, colocar en el centro el tema o el posible título de la narración. Se elige los ambientes, los personajes y se bosquejan de manera esquemática las acciones y sucesos en sentido horario o antihorario. Finalmente, esta etapa culmina con un MMA final del cuento.

Textualización: cada participante redacta en un cuaderno de notas, el primer borrador del cuento. Luego lo transcribe en digital a través de su dispositivo móvil o desde una computadora, buscando el goce estético en este proceso (Muñoz et al., 2008), respetando la coherencia y cohesión del escrito a niveles de palabras, oraciones y párrafos (Piacente & Tittarelli, 2006). Puede reescribir el texto en sus casas y añadirlo a su esquema final del MMA en entorno Goconqr (se puede añadir además del archivo de texto, comentarios: ver figura 4). Se procede a una lectura inicial individual, y luego de pares ciegos de los borradores en físico, donde cada lector-participante anotará comentarios sobre el texto leído. Cada autor recopilará, sintetizará o simplemente leerán los comentarios de sus compañeros, y así aprovechar todas las sugerencias.

Corrección: En esta etapa se realizará correcciones autorreguladas, cooperativas (en pares y en círculo). La primera corrección será en físico. Luego a través de la modalidad de correctores de pares ciegos, se colocarán código a cada cuento y se procederá a corregir



Figura 5 – MMA para la escritura (recortado, ampliado a detalle)
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/20496935/escritura-con-mma

de manera anónima los cuentos de un compañero. Cada cuento tendrá sus respectivas anotaciones (en físico), que el autor aprovechará al pasar las correcciones, sugerencias o comentarios que crea pertinente en digital. Luego se repetirá las correcciones en pares en dos o tres sesiones, luego la se corregirá de manera circular en grupos de cuatro, siendo más exigentes en lo estructural y temático, que en lo meramente gramatical y ortográfico. Se repetirá el procedimiento hasta consolidar todas correcciones en digital. Después se pasará a una segunda etapa correctiva en digital. Esta será más activa e intensa, ya que se trabajará en redes sociales y en Google drive. Esta etapa termina con la versión final del cuento.

Publicación: En esta etapa los participantes se organizan en comisiones y participan solidariamente en la edición colectiva de un libro que compile todos los cuentos de los

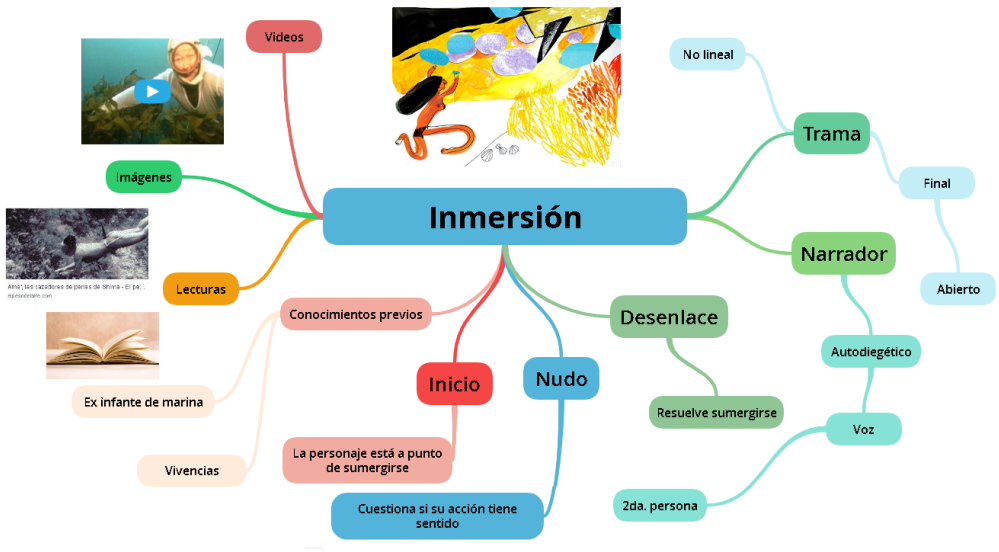


Figura 6 – MMA para la escritura de un cuento (ejemplo)
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/20499833/inmersi-n

participantes. Hay que apuntar, que actualmente hay muchas facilidades de publicación, como las que ofrece la plataforma Amazon (sistema de auto publicación muy difundida en la actualidad que generan un ISBN internacional y un código ASIN para Kindle). Asimismo, hay también la posibilidad de paralelamente a lo de Amazon, se pueda encargar la versión final del libro a una publicación en físico, para lo cual se debe generar el Depósito legal en la Biblioteca Nacional y el ISBN. Listo esta tramitología solo se encarga a una imprenta lanzar un tiraje pequeño, mediano o largo, de acuerdo a la expectativa y posibilidades del grupo.

3.1.2. Los MMA para la comprensión lectora

Aunque se diga lo contrario, en estos últimos tiempos se lee y escribe más que antes; aunque también es cierto que de una manera menos diligente y cuidada (Yushimito, 2018). Asimismo, la idea de esta investigación no fue normativa, sino estratégica en el sentido de que, si ya está consolidada entre los jóvenes universitarios plataformas de lectura y escritura, no la íbamos a eliminar así quisiéramos, por ello se ideó la incursión pedagógica en estos entornos. Asimismo, se analizaron dichos ámbitos y se potencializó todos sus beneficios como la interactividad, la rapidez, la multimodalidad, etc. (Ramírez, 2008). Es por ello, que paralelamente a la aplicación para la escritura, los MMA se emplearon para la comprensión lectora siguiendo esta ruta metodológica:

Lectura con MMA: La lectura se podrá realizar en físico o en virtual, de manera silenciosa. Luego se leerá algunos fragmentos de manera individual en voz alta y se aprovechará en indagar algunas interpretaciones espontáneas de lo leído. Luego se leerá

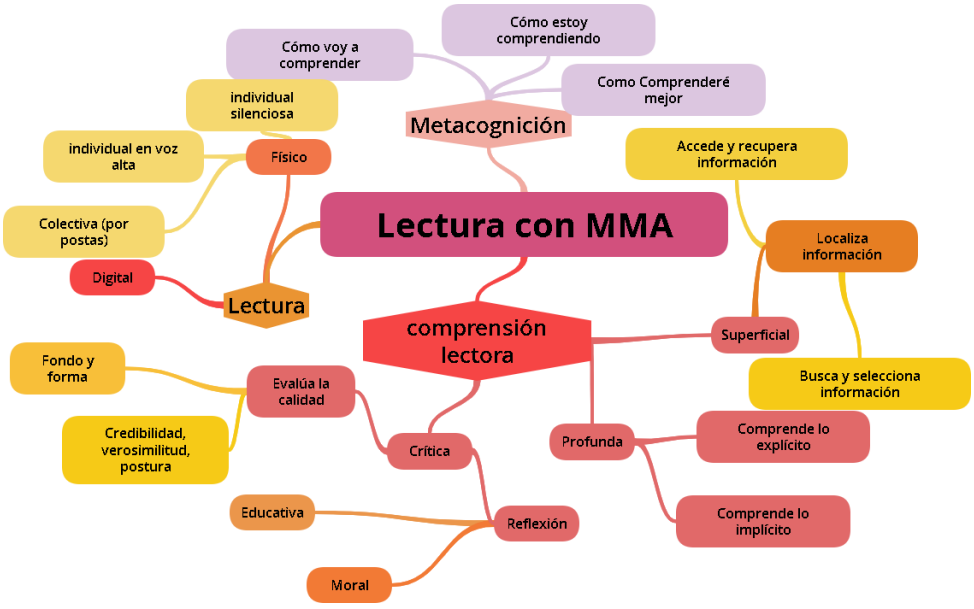


Figura 7 – MMA para la lectura (procesos)
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/20497817/lectura-con-mma

un texto narrativo de manera colectiva a través de postas, de tal forma que uno por uno, los participantes vayan relevándose en la lectura. Luego de este proceso, se entrará en sí a la comprensión lectora. Para ello se empleará los MMA como organizadores de toda la información acumulada tanto en la memoria episódica, pero sobre todo en la memoria semántica del participante. Facilitada esta por el entorno del MMA, ya que se entiende como una red de conocimientos que entrelaza nódulos de significados emparentados entre sí (Cuetos, 2012).

En estos esquemas se organizará la información semántica de acuerdo a los procesos cognitivos (PISA, 2018) que se implican en la comprensión lectora. En el nivel superficial: se localizará información relevante del cuento como nombres de personajes, ambientes, fechas, y otros datos similares (elementos narratológicos como narrador, género, etc.). Asimismo, se accederá y recuperará información de la lectura donde se revelen datos de sucesos o ideas que serán relevantes en el desarrollo de la trama. En el nivel profundo a partir de la comprensión de hechos explícitos deducirá situaciones o ideas que se infieran a partir de estas. Sacará, por tanto, conclusiones y proyectará situaciones más allá de lo leído, ya que leerá entre líneas intensiones latentes y soterradas de los personajes o incluso del narrador o del propio autor. En el nivel crítico, evaluará la calidad literaria de lo leído y argumentará con solvencia los aspectos de forma y fondo de lo leído. Opinará con criterio crítico sobre la credibilidad, verosimilitud y postura de los personajes, del narrador y del autor si fuese necesario. Por último, reflexionará sobre aspectos morales, educativos o de otra índole que a partir de lo leído le sirvan como cuestionamiento de la condición humana, social o política. En el nivel metacognitivo, los MMA permitirán la planificación, la autorregulación y retroalimentación de la comprensión a través de la respuesta constante a las preguntas: cómo voy a comprender, cómo estoy comprendiendo, y cómo comprenderé mejor. Cada nódulo respetará una disposición de sentido horario o antihorario.

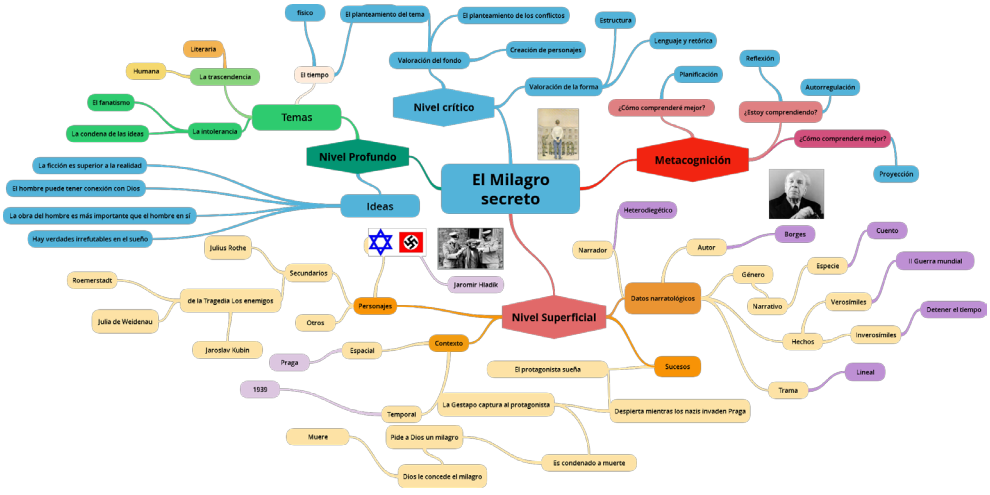


Figura 8 – MMA para la comprensión del cuento “El milagro secreto” (ejemplo)
Fuente: Elaboración propia disponible en https://www.goconqr.com/mindmap/20499371/el-milagro-secreto

4. Operacionalización de las variables

La variable independiente MMA (Mapas mentales armónicos) influenciarán a las variables dependientes: comprensión lectora de textos narrativos y producción de textos narrativos. Para comprobar dicho efecto, se operacionalizó las variables como a continuación se detalla:

Dimensiones	Indicadores	Ítems
Comprensión superficial	Identifica personajes principales y secundarios del cuento leído. Reconoce acontecimientos relevantes de la historia. Contextualiza sucesos en el espacio-tiempo de lo narrado.	1, 2, 8 3,4,5,7 6
Comprensión profunda	Deduce y concluye a partir de ideas desarrolladas en el cuento leído. Infiere a partir de la información extraída del cuento leído. Interpreta símbolos y/o alegorías del cuento leído. Identifica temas e ideas relevantes, tanto principales como secundarias.	9 10,12,15, 16 11 13, 14
Comprensión critica	Aprecia de manera crítica el texto, el rol de cada personaje y los sucesos vividos por estos. Valore el estilo de la narración, así como su forma. Comenta sucesos específicos que le hayan resultado relevantes.	17 18,20 19

Tabla 2 – Comprensión lectora de textos narrativos[3]

Dimensiones	Indicadores	Ítems
Cohesión	Las oraciones respetan la concordancia gramatical El eje general del texto es único. Inserta figuras retóricas con adecuación en la narración. Redacta empleando oraciones complejas Su lenguaje expresa buen bagaje de vocabulario y expresiones populares.	1-5
Coherencia	Evidencia un texto introductorio y párrafos dispuestos con lógica gramatical Crea personajes, mezclando rasgos psicológicos con físicos Narra más de un acontecimiento y sus consecuencias El desenlace de la historia es coherente El abordaje de las temáticas es original.	6-10

Tabla 3 – Producción de textos narrativos[4]

[3] Dimensiones adaptadas de PISA 2015

[4] Dimensiones adaptadas de PROESC (Cuetos, Ramos y Ruano, 2002) y rúbrica de Montanero, Lucero y Fernández (2014).

4. Resultados

4.1. Resultados descriptivos

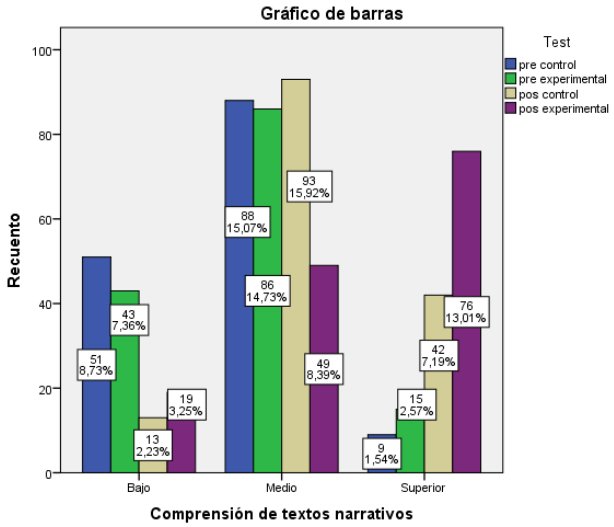


Figura 9 – El MMA para la comprensión lectora de textos narrativos

Se puede observar en la Figura 7 que tanto para el *Grupo Control* como para el *Grupo Experimental* se presentaron mejorías en la *Comprensión lectora de textos narrativos*,

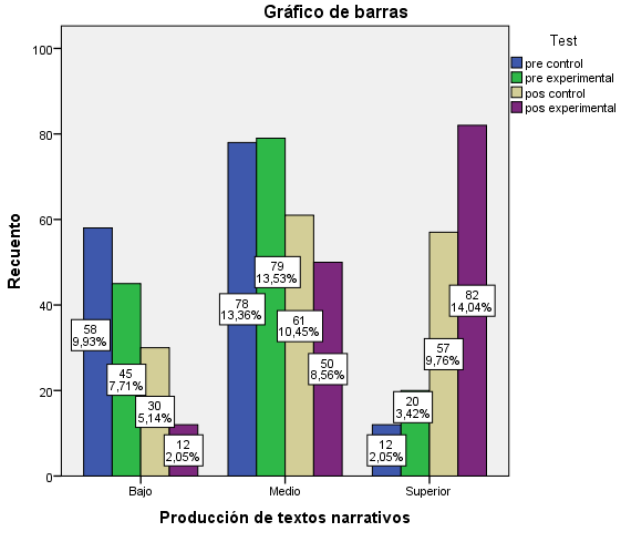


Figura 10 – El MMA para la producción de textos narrativos

ya que ambos grupos salieron del nivel bajo considerablemente y subieron en el nivel superior. Donde hubo un movimiento de ascenso cualitativo fue para el *Grupo Experimental*, ya que la salida del nivel bajo fue ostensible: de 7,36 a 3,25. Asimismo, en el notable ascenso en el nivel superior de 1,54% a 13,01%. El movimiento del nivel medio se explica por la transición cualitativa al nivel inmediatamente superior.

En la Figura 8 se puede demostrar que tanto para el *Grupo Control* como para el *Grupo Experimental* se experimentaron mejorías en la *Producción de textos narrativos*, ya que ambos grupos salieron del nivel bajo y manifestaron mejores resultados en el nivel superior. Donde se evidencia un ascenso cualitativo fue para el *Grupo Experimental*, ya que la salida del nivel bajo fue ostensible: de 9,93 a 2,05. Asimismo, en el notable ascenso en el nivel superior de 2,05% a 14,04%. El movimiento del nivel medio se justifica por la transición cualitativa al nivel inmediatamente superior.

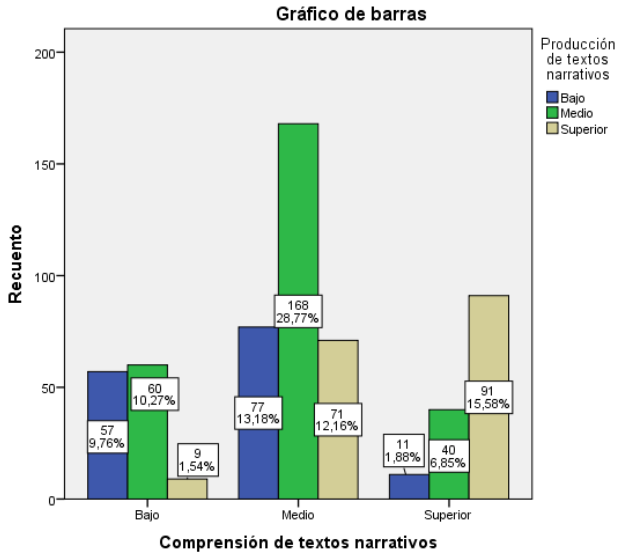


Figura 11 – Cruce entre *Comprensión lectora* y *Producción de textos* mediados por el MMA

En la Figura 9 se tiene una comparación cruzada entre *Comprensión lectora de textos narrativos* y *Producción de textos narrativos* mediados por el MMA. Las barras agrupadas demuestran que el nivel medio para ambas variables ha resultado el más coincidente con 26, 77%. Asimismo, hay una importante concordancia en el nivel superior de 15,58%.

4.2. Resultados inferenciales

Para la contrastación de hipótesis se sometió a una prueba de normalidad a los datos tanto del Pre test como del Pos test, determinando a través de la prueba Kolmogórov-Smirnov.

Kolmogorov-Smirnov[a]	Estadístico	gl	Sig.
Comprensión lectora de textos narrativos	,279	584	,000
Producción de textos narrativos	,236	584	,000

Tabla 4 – Producción de textos narrativos

Como se observa en la Tabla 4, el p valor es menor que 0,05, por tanto, se determina su distribución como no normal. Por eso, se estableció pruebas no paramétricas para la contrastación de hipótesis.

Hipótesis 1:

- H_0: La estrategia de los MMA no mejora la comprensión lectora ni la producción de textos narrativos de estudiantes universitarios.
- H_1: La estrategia de los MMA mejora la comprensión lectora y la producción de textos narrativos de estudiantes universitarios.

Hipótesis 2:

- H_0: La comprensión lectora de textos narrativos y la producción de textos narrativos mediados por el MMA no se relacionan significativamente.
- H_1: La comprensión lectora de textos narrativos y la producción de textos narrativos mediados por el MMA se relacionan significativamente.

Para contrastar las hipótesis de la presente investigación, se platea esta regla de decisión: si el *p* valor es menor al valor $\alpha = 0.05$, se rechaza H_0. Si por el contrario, el el *p* valor es mayor a $\alpha = 0.05$, no se rechaza $H_{0.}$

Pre Test		N	Rango promedio	Suma de rangos
Comprensión lectora de textos narrativos	pre control	148	141,34	20919,00
	pre experimental	144	151,80	21859,00
Producción de textos narrativos	pre control	148	138,72	20530,00
	pre experimental	144	154,50	22248,00
Pos Test		**N**	**Rango promedio**	**Suma de rangos**
Comprensión lectora de textos narrativos	pos control	148	132,75	19647,00
	pos experimental	144	160,63	23131,00
Producción de textos narrativos	pos control	148	130,64	19334,00
	pos experimental	144	162,81	23444,00

Tabla 5 – Rangos comparativos por Test y Grupo de investigación

	Pre test		Pos test	
	Comprensión lectora de textos narrativos	**Producción de textos narrativos**	**Comprensión de textos narrativos**	**Producción de textos narrativos**
U de Mann-Whitney	9893,000	9504,000	8621,000	8308,000
W de Wilcoxon	20919,000	20530,000	19647,000	19334,000
Z	-1,218	-1,786	-3,120	-3,564
Sig. asintótica (bilateral)	,223	,074	,002	,000

Tabla 6 – Prueba U de Mann-Whitney por Test y Grupo de investigación

En la Tabla 6 se observa que entre el *Grupo Control* y el *Grupo Experimental* no existen diferencias significativas en los resultados de *Comprensión lectora de textos narrativos* y *Producción de textos narrativos* durante el Pre test; ya que el p valor de ambas variables es mayor que α = 0.05. En cambio, durante el Pos test, sí se muestran diferencias significas, ya que el p valor de ambas variables resultan menores que α = 0.05. Corroborando con los rangos de la Tabla 5, esta diferencia significativa resulta a favor del *Grupo Experimental* en contraste con *el Grupo Control* (Comprensión lectora: 160,63/132,75; Producción de texto: 162,81/130,64). Por tanto, se rechaza la H_0 y se acepta la hipótesis alterna 1: La estrategia de los MMA mejora la comprensión lectora y la producción de textos narrativos de estudiantes universitarios.

Rho de Spearman		**Comprensión de textos narrativos**	**Producción de textos narrativos**
Comprensión lectora de textos narrativos	Coeficiente de correlación	1,000	,442**
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	584	584
Producción de textos narrativos	Coeficiente de correlación	,442**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	584	584

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla 7 – Correlación de Comprensión lectora y Producción de textos narrativos

En la Tabla 7 se puede mostrar que entre la *Comprensión lectora* y la *Producción de textos narrativos* existe un coeficiente Rho de Spearman de 0,442, que estaría según la tabla de rangos de Hernández y Fernández (como se citó en Barrera, 2014) en un nivel de correlación positiva media, o moderada. Asimismo, al corroborar el p valor de 0,000, menor a α = 0.01, se concluye que dicha correlación moderada es muy significativa. Rechazando con ello la H_0 y aceptando la hipótesis alterna 2: La comprensión lectora de textos narrativos y la producción de textos narrativos mediados por el MMA se relacionan significativamente.

5. Discusión

La presente investigación demostró que el empleo del MMA (Mapa Mental Armónico) mejoraba la comprensión lectora y la producción de textos narrativos. Y puso en cuestión la reflexión sobre el empleo, proyección y aprovechamiento de un tipo de texto, un tanto marginado por la investigación. Incluso, estereotipado como lo menciona McNamara (2004) al generalizar a todos los textos narrativos como demasiado simples y cotidianos. Esto entra en contradicción con lo hallado por Valis (2019) quien realiza una aproximación reflexiva sobre el parentesco o recíproca relación entre la escritura creativa y la académica. De manera lúcida y sugerente, se trae abajo el prejuicio de que ambas escrituras son incompatibles. Incluso Chávez y Tamayo (2018) demostraron que la lectura de textos narrativos mejoraba la comprensión lectora, por ello, llevaron adelante una experimentación con lectura de cuentos e historietas logrando resultados satisfactorios en la comprensión lectora en general. Por tanto, la idea de trabajar con textos narrativos no es recursiva, sino que se justifica en su alcance proyectivo. Si el estudiante universitario logra comprender y producir con fluidez y eficacia textos narrativos, podrá hacerlo con otro tipo de textos, ya que habrá desarrollado competencias escriturales y lectoras como el dominio de la cohesión y coherencia en la escritura, y logros importantes en la comprensión profunda y crítica, además de la textual (comprensión superficial).

El empleo de los MMA como estrategia didáctica inciden de manera significativa en la escritura de textos narrativos, ya que plantea una serie de actividades en cada proceso de escritura: planificación, textualización, corrección y publicación, mediados por las TIC (Naval y Morais, 2019). Estrategia que vincula la autocorrección y autorregulación como lo hallado por Álvarez y Taboada (2016), quienes trabajaron en entornos como Facebook y Moodle; pero que lamentablemente no tuvieron resultados significativos, porque no es solo el entorno, el entorno se instrumentaliza si es parte de una estrategia didáctica como la empleada en esta investigación. Que siguió un diseño ecléctico al combinar las bondades de modelos de estrategia sesgadas al resultado del proceso y otras al proceso en sí (González, 2017).

El MMA se consolida como una estrategia didáctica no solo flexible, aplicable y multisensorial (Muñoz, Ontoria y Molina, 2011), sino integral y significativa, ya que según el cognitivismo en su sesgo neurológico entiende a este tipo de esquemas como los más compatibles con nociones como las redes semánticas relacionadas con las ramificaciones del MMA que distribuye en nódulos que se bifurcan conceptos asociados en jerarquías y asociaciones (Sousa,2004); asimismo la convergencia del pensamiento irradiante de los Mapas mentales con la propagación semántica (Cuetos, 2012) a partir de un foco semántico hacen de esta herramienta sobrepasar los niveles de técnica y proponer niveles estratégicos en su aplicación pedagógica. La significancia de los Mapas mentales de esta investigación es convergente con los resultados de trabajos en comprensión lectora de universitarios como Pizarro (2008, Novoa, 2018, 2019).

Además de lo cognitivo, el MMA se complementa con los entornos virtuales, gracias a diferentes programas y aplicativos (goConqr en esta investigación) asegurando lo armónico en la distribución de formas, colores e imágenes, además de facilitar su edición portabilidad, hipertextualidad y autorregulación tanto personalizada como

gregaria o social. Esta adecuada inserción tecnológica es parcialmente compatible con lo hallado por Flores, Díaz y Lagos (2017), quienes realizaron una investigación sobre la comprensión lectora de textos expositivos en entorno digital, impreso y autorregulado. Es contradictorio con la conclusión última que asevera un lugar común en la educación: el hecho de que la competencia individual es determinante por encima del contexto. Hay que resaltar que no es solamente el contexto, es el empleo estratégico del contexto, las herramientas, técnicas y demás ventajas cualitativas y cuantitativas que el docente debe emplear para el logro de sus objetivos. Los MMA como estrategia con énfasis en lo didáctico como también lo demostró Escobar (2018) en el ámbito de la comprensión y producción de textos.

La esencia de la comunicación es oral y por ello mismo, tanto la escritura como lectura al ser una aproximación a ella manifiesta su primer gran obstáculo. Siguiendo a Gadamer (1998) podríamos decir que tanto la lectura como la escritura es una falsificación de la oralidad. Cuando uno escribe imagina que está hablando a alguien, que lo están escuchando. Asimismo, cuando uno lee tiene la vicaria convicción de que está oyendo al narrador y los personajes, que de alguna manera los pensamientos son oídos, aunque solo suenen en la mente. El otro gran óbice para la lectoescritura es que la función esencial del lenguaje no sea precisamente la comunicación, sino la expresión (Chomsky, 1979). El hombre desarrolla toda su competencia idiomática regida de una intencionalidad en esencia expresiva. Esto explica en gran medida la propensión humana de procesos comunicativos unidireccionales, donde lejos de interactuar con otros, dirigimos mensajes, dominamos, imponemos y si estamos en el lado del receptor, siempre somos pasivos, compartimos mensajes, difundimos cadenas, etc. Sumando todo tenemos que escribimos y leemos más que antes, pero con demasiada rapidez y urgencia insuflada por una tecnología que ha revolucionado los canales, los entornos, las interfases, etc., pero que no sabe todavía qué hacer con tanto mensaje precario, insustancial que hiper satura el ciberespacio. El éxito de este cardumen de información inquieta y creciente es que la tecnología ha conseguido una especie de "oralización" tanto de la escritura como de la lectura con una impresionante naturalidad. El multi acceso a las plataformas de lectoescritura, lo permisivo y simple de su entorno, la gran, aunque dudosa virtud de permitirte escribir lo que sea y como sea, de leer lo que sea y de la forma que puedas o quieras ha devenido en una inquietante problemática de realmente comunicar con efectividad y cierto rigor estético un determinado escrito. Uniendo con lo anterior, tenemos que la tecnología ha revolucionado los medios de comunicación, ha facilitado el acceso, la rapidez, la espontaneidad, es decir, se ha "oralizado" con un impresionante éxito. Pero no solo eso, sino que, a su vez, las redes sociales, los entornos cada vez más de acceso libre en la Internet, han hecho que se eleve exponencialmente los escritos de corte más expresivos, parciales, incluso balbuceantes, sin la menor pretensión estética o científica. Es decir, la lectoescritura se ha vuelto más expresiva que comunicativa que nunca, pero simultáneamente más precaria. El problema se inicia cuando se suele separar la lectura de la escritura como si fueran dos componentes fácilmente desmontables, cuando no lo son. Más que partes constitutivas fuertemente relacionadas son dimensiones de un solo fenómeno humano: la lectoescritura. Entenderla como un proceso de mutua influencia, implica entender su aprendizaje recíproco: que cuando uno aprende a escribir, lee; y a su vez, cuando uno aprende a leer, también escribe (Jolibert, 2001).

Muchos pedagogos actuales están en desacuerdo de primero enseñar a leer y luego a escribir, cuando se debe propugnar paralelamente lo que sé da manera interrelacionada en la realidad. En dicha concordancia, la presente investigación partió de la concepción de la lectura como un ejercicio proyectivo de escritura. Siempre oímos decir que tal libro es el libro que siempre hubiésemos querido escribir. Así mismo cuando escribimos, nos vamos leyendo metacognitivamente nosotros mismos y el texto que vamos escribiendo. Mateus (2015) señala en tal sentido que tanto el hecho de leer y escribir implica un sistema integral de dinámicas y estructuras cognitivas compartidas, que en ambas actividades humanas se emplean símbolos de características verbales.

La presente investigación precisamente por ello comprobó que existía una correlación, si bien es cierto moderada, esta es significativa, por tanto, la estrategia pretende abordar de manera integral tanto lo escritural como lo lector a través de los MMA. Esto entra en convergencia con lo hallado por Aguirre, Maldonado, Peña y Rider (2015), quien interpela a la comunidad educativa a proponer estrategias que enfaticen lo didáctico en ambos aspectos a la vez. Asimismo, coincide con Cabero, Ballesteros y López (2015) en el sentido de apelar a organizadores visuales de información, ya que con este tipo de esquematizaciones se agilizarán procesos, se comprobarán supuestos y se dispondrá de los conocimientos adecuadamente dispuestos en los MMA.

6. Conclusiones

El propósito de comprobar si los MMA inciden de manera significativa en la comprensión lectora y la producción de textos narrativos fue comprobado satisfactoriamente. Sin embargo, una limitante ha sido el involucramiento de las instituciones educativas que burocratizaron la investigación y provocaron el alargamiento innecesario de la experimentación.

El segundo gran propósito de esta investigación fue si la comprensión lectora de textos narrativos se relacionaba con la producción de textos narrativos mediados ambos por los MMA, y sí se encontró una relación moderada significativa. Sin embargo, eso no quiere decir que, al estar relacionados, se tengan que aplicar o investigar siempre juntos. Tanto la lectura como la escritura tienen sus tiempos y actividades independientes, si se relacionan entre sí, no implica su dependencia en ningún caso.

Se infiere por los resultados conseguidos, que el texto narrativo no es simple ni típico, sino que puede ser tan complejo como otro. Pero que su gran mérito no es ese, sino el de servir como vínculo para otros tipos de texto como los académicos propiamente dicho (artículos científicos). Por ello, un reto de esta investigación, será corroborarse en un trabajo similar pero que en vez de textos narrativos, sean textos académicos (tanto para la comprensión como para la producción).

La limitación de la investigación desde el punto de vista metodológico, fue que no se contó con la viabilidad del último proceso para la producción escrita. Además, que el fenómeno abordado exigía por momentos un tratamiento más cualitativo. Por tanto, para una próxima investigación, se adoptará un modelo mixto: experimentación acción con cuasi experimental. Y se llevará a la realidad la publicación de los textos producidos por los participantes.

Referencias

Álvarez-Álvarez, C., & Pascual-Díez, J. (2019). Estrategias didácticas en torno a la lectura empleadas en la formación inicial del profesorado en España. *Ocnos: Revista de estudios sobre lectura,* 18(3), 38-47. doi: https://doi.org/10.18239/ocnos_2019.18.3.2108

Andrade, C. (2009). La escritura y los universitarios. *Universitas Humanística*, *68*(68). Recuperado de https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/article/view/2277

Ariño, M. L., & del Pozo, C. J. S. (2013). Estrategias y técnicas metodológicas. Recuperado de http://www. umch. edu. pe/arch/hnomarino/dcsecundariahmarino. pdf.

Asesoría Económica y Marketing. http://www.corporacionaem.com/tools/calc_muestras.php

Azcoaga, J. E. (1989). Información semántica, distancias semánticas y conceptos. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *25*(4), 71-87.

Barber Enguix, Ricardo (2016), "Microrrelatos en la red. Desarrollando la escritura creativa a través de Twitter en la clase de E/LE", Foro de profesores de E/LE, vol. XII, número 1, pp. 71-76.

Barrera, M. A. M. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento científico*, *8*(1), 98-104. Recuperado de https://revmovimientocientifico.ibero.edu.co/article/view/mct.08111/645

Bombini, G. (2018). Desafíos para una escritura académica en contexto. *Álabe*, (19). doi: http://dx.doi.org/10.15645/Alabe2019.19.12

Buzan, T., & Buzan, B. (1993). *The mind map book*. 1993. New York.

Calderón, M. C. A. (2009). La escritura y los universitarios. *Universitas humanística*, *68*(68).

Campos, Y. (2000). *Estrategias de enseñanza aprendizaje. Estrategias didácticas apoyadas en Tecnología*. Obtenido de la Universidad Autónoma Metropolitana: http://virtuami.izt.uam.mx/e-portafolio/DocumentosApoyo/estrategiasenzaprendizaje.pdf

Carlino, P. (2005). *Escribir, leer, y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Fondo de cultura económica. Recuperado de https://www.aacademica.org/paula.carlino/3.pdf

Chavez Mora, M., & Tamayo Davalos, T. V. (2018). La importancia de los cuentos en la comprensión lectora y en el desarrollo de la capacidad de producción de textos en niños y niñas de inicial y primaria en la institución educativa "Bernabe Cobo" Cusco 2015. Recuperado de http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9649

Chomsky, N. (1979). *Reflexiones sobre el lenguaje* (No. 12). Editorial Ariel.

Cuetos F., Ramos J., Ruano E. (2002) PROESC. *Evaluación de los procesos de escritura*. Madrid: Tea. Publicaciones de psicología aplicada.

Cuetos, F. (2012). *Neurociencia del lenguaje: bases neurológicas e implicaciones clínicas*. Editorial Médica Panamericana.

De Ramírez, R. A. (2000). Dificultades de aprendizaje de la lectura y la escritura. Educere, 4(11), 147-150. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/356/35601102.pdf

Dewantara, D. (2019). Improving students'learning outcome: implementaton mind mapping method with goconqr. *Jurnal Pena Sains*, *6*(2), 97-102.

Díaz, F., & Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo* (Vol. 2). México: McGraw-Hill.

Escobar Gutiérrez, M. C. (2018). Los organizadores gráficos. Una estrategia didáctica para mejorar la comprensión lectora. Recuperado de https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/1099

Flores-Carrasco, P. G., Díaz-Mujica, A., & Lagos-Herrera, I. E. (2017). Comprensión de textos en soporte digital e impreso y autorregulación del aprendizaje en grupos universitarios de estudiantes de educación. *Revista Electrónica Educare*, 1-17. Recuperado de http://dx.doi.org/10.15359/ree.21-1.7

Gadamer, H. G., & Olasagasti, M. (1998). *Texto e interpretación*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid(Ed.).http://hdl.handle.net/10486/283.

Gómez, Á., Devís, A., & López, V. S. (2013). Corrección de errores en comprensión lectora en inglés: Una instrucción teóricamente fundamentada basada en estrategias macroestructurales. *Tejuelo: Didáctica de la Lengua y la Literatura. Educación,* (16), 88-107. Recuperado de https://mascvuex.unex.es/revistas/index.php/tejuelo/article/view/2539

González-Álvarez, P. (2017). Diseño de una plataforma virtual de autoaprendizaje de la escritura académica: fundamentación teórica y decisiones pedagógicas en la Universidad de Chile. *Álabe*, (17). doi: http://dx.doi.org/10.15645/Alabe2018.17.7

Hopper, C. (2016). *Practicing College Learning Strategies* (7ª ed.). EEUU: Cengage Learning. https://dx.doi.org/10.24320/redie.2017.19.2.1125

Jolibert, J. (2001). Formar niños lectores/productores de textos: propuesta de una problemática didáctica integrada. In Comprensión lectora: el uso de la lengua como procedimiento (pp. 79-98). Editorial Laboratorio Educativo.

Malhotra, N. (2008). *Investigación de Mercados* (5ª ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación de México

Mateus Chacón, L. A. (2015). Estrategias de lectoescritura: un desafío que revoluciona las fronteras de la escuela y el aprendizaje de la lengua. *PAPELES*, (10), 63-74.

McNamara, D. S. (2004). Aprender del texto: Efectos de la estructura textual y las estrategias del lector. *Revista signos*, *37*(55), 19-30.

Muñoz González, J. M., Ontoria Peña, A., & Molina Rubio, A. (2011). El mapa mental, un organizador gráfico como estrategia didáctica para la construcción del conocimiento. Recuperado de https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/MAGIS/article/view/3544

Muñoz, Patricia, Muñoz, Amparo Eugenia, Rosero, Ruth Marina y Villota, César (2008), "Enseñanza de la producción escrita del cuento en la básica primaria", Actualidades Pedagógicas, vol. I, núm. 52, pp. 149-158 en https://bit.ly/2PBftVY

Naval, V. P., & Morais, R. J. (2019). Estudio de la producción académica sobre comunicación en España e Hispanoamérica. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación,* (61), 113-123. doi: https://doi.org/10.3916/C61-2019-10

Neira Martínez, A. C., Reyes Reyes, F. T., & Riffo Ocares, B. E. (2015). Experiencia académica y estrategias de comprensión lectora en estudiantes universitarios de primer año. *Literatura y lingüística*, (31), 221-244.

Novoa Castillo, P. (2012) *Uso de los Mapas Mentales como instrumento de enseñanza en la comprensión lectora de textos narrativos en los alumnos del I Ciclo de la Universidad de Ciencias y Humanidades* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle).

Novoa Castillo, P. (2019) "Escribir en pantallas: dispositivos móviles en la escritura creativa de estudiantes universitarios" (Beca de Jóvenes Investigadores para el III Congreso Internacional de Tecnologías en la Educación- Universidad Rey Juan Carlos).

Novoa Castillo, P. (2019) *El Mapa mental armónico en la comprensión y producción de textos narrativos en estudiantes de pregrado de la UCV* (Novoa Castillo, Pedro. Tesis de doctorado, Universidad César Vallejo).

Novoa Castillo, P. F., Cancino Verde, Francisca, R., Flores Sotelo, W. S., & Nieto Gamboa, J. (2018). El Mapa Mental Armónico en la comprensión de textos narrativos en estudiantes universitarios. *Propósitos y Representaciones*, 6(2), 541-573 en http://dx.doi.org/10.20511/pyr2018.v6n2.243.

Novoa Castillo, P. F., Verde, C., Francisca, R., Flores Sotelo & W. S., Nieto Gamboa, J. (2018). The Harmonic Mind Map in the Comprehension of Narrative Texts in University Students. *Journal of Educational Psychology-Propositos y Representaciones*, *6*(2), 575-606.

Novoa, Castillo, P. F. & Cancino Verde, F. (2019). Efectos del mapa mental armónico en la producción de narraciones breves en estudiantes universitarios/Efeitos do mapa mental harmônico na produção de contos em estudantes universitários. *Brazilian Journal of Development*, 5(6), 5766-5791 en https://doi.org/10.34117/bjdv5n6-100.

Novoa, P. et al. (2018). El Mapa Mental Armónico en la comprensión de textos narrativos en estudiantes universitarios. *Propósitos y Representaciones*, *6*(2), 541-573.

Núñez Lira, L. A., Novoa Castillo, P. F., Marrufo, M., Ruth, H., & Salvatierra Melgar, A. (2019). Los mapas mentales como estrategia en el desarrollo de la inteligencia exitosa en estudiantes de secundaria. *Propósitos y Representaciones*, 7(1), 59-82 en http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.263.

Piacente, Telma y Tittarelli, Ana María (2006), "Comprensión y producción de textos en alumnos universitarios: la reformulación textual", Orientación y sociedad, vol. 6, núm.1, pp. 99-126 en https://bit.ly/2zu5XOR

Pizarro Cherre, F. (2008). *Aplicación de los mapas mentales en la comprensión lectora en estudiantes del ciclo I de instituciones de educación superior*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Ramírez Montoya, María Soledad (2008), "Dispositivos de mobile learning para ambientes virtuales: implicaciones en el diseño y la enseñanza", Apertura, vol. VIII, núm. 9, pp. 82-96 en https://bit.ly/1dN3zBl

Sousa, D. A. (Ed.). (2014). *Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación* (Vol. 131). Narcea Ediciones.

Sperandio, N. E. (2017) Sala de aula invertida e goconqr: otimizando o ensino do processo de leitura. In *Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online* (Vol. 6, No. 1).

Valis, N. M. (2019). Creatividad y experiencia en la escritura académica y literaria. *Álabe: Revista de Investigación sobre Lectura y Escritura*, (19), 191-202. doi: http://dx.doi.org/10.15645/Alabe2019.19.11

Villegas, C., & García, L. A. (2015). Lectura y escritura en la universidad: procesos fundamentales en la comunicación del conocimiento. *REDHECS: Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, *10*(19), 121-137.

Yushimito, Carlos (2018), *Marginalia*, Lima, Peisa.

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

Recebido/Submission: 30/09/2019
Aceitação/Acceptance: 28/11/2019

Diseño e Implementación de un Prototipo que Permita Evaluar la Actividad Ansiolítica en Ratones de Laboratorio (*Mus musculus*) Mediante la Prueba de Campo Abierto Usando Procesamiento de Imágenes.

Juan José Pazmiño[1], David Moreno[2], Mónica Zabala[2], Gisela Pilco[3], Jorge Tuapanta[2]

juanmmjc@hotmail.com, pdmoreno@espoch.edu.ec, m_zabala@espoch.edu.ec, gisela.pilco@espoch.edu.ec, jtuapanta@espoch.edu.ec

[1] Tesista del programa de maestría en Sistemas de Telecomunicaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Riobamba – Ecuador.

[2] Docentes de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Riobamba – Ecuador.

[3] Docente de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Riobamba – Ecuador.

Pages: 261–276

Resumen: El modelo de campo abierto es una prueba que se utiliza para determinar el impacto ansiolítico causado por sustancias o medicamentos en ratones de laboratorio, sopesando ciertos parámetros de comportamiento: distancia recorrida, velocidad promedio, número de movimientos intestinales002C elevaciones, etc. En el presente trabajo se desarrolló un sistema electrónico basado en procesamiento de imágenes, que permite automatizar la obtención de datos, que tradicionalmente se obtenían por simple observación. Se analiza inicialmente las técnicas existentes de procesamiento de imágenes, posteriormente se describe el desarrollo del sistema electrónico que consta de una caja de acrílico donde se ubica al ratón, un soporte para una cámara IP que registra las imágenes de forma inalámbrica, el software de grabación y la aplicación desarrollada en Matlab que procesa los videos. Los resultados se indican a través de una interfaz gráfica. El prototipo se validó estadísticamente con un grupo de animales que dieron una probabilidad de éxito superior al 99% y obtuvieron los parámetros de la prueba correctamente.

Palabras-clave: Procesamiento Digital de Imágenes, Dispositivo, Ansiedad, Ratones, Campo Abierto.

Design and Implementation of a Prototype that Allows to Evaluate the Anxiolytic Activity in Laboratory Mice (Mus musculus) Through Open Field Testing Using Image Processing.

Abstract: The Open Field model is a test used to determine the anxiolytic impact caused by substances or drugs in laboratory mice, weighing certain behavioral parameters: distance traveled, average speed, number of bowel movements, elevations, etc. The present work developed an electronic device system based on image processing, which allows automating the obtaining of the parameters of the test, which traditionally were obtained by simple observation. It began analyzing the techniques of image processing, then, the development of the electronic system is described, which is composed of an acrylic box where the mouse is located, a support for the IP camera that sends the images wirelessly to the computer, the recording program and the software developed in Matlab that processes the videos. The result is indicated through the graphical interface. The prototype was validated statistically with a group of animals giving a probability of success over 99% obtaining the parameters of the test correctly.

Keywords*:* Digital Image Processing, Device, Anxiety, Mice, Open field.

1. Introducción

La ansiedad es la anticipación de algún peligro, donde el ser humano puede experimentar una sensación desagradable con síntomas físicos localizados en ciertas áreas del cuerpo. Se puede asociar con términos como congoja, preocupación, incertidumbre, etc. (Reyes-Ticas, 2005).

La ansiedad, así como tiene un impacto emocional, también puede inducir un comportamiento específico (Balseca & Vinueza, 2016, pp 26), que se puede producir a causa de ciertos eventos o sucesos en su entorno. Los efectos conductuales producidos por la ansiedad se pueden registrar y valorar en animales de experimentación, en los cuales, esta alteración conductual se puede reflejar en forma de inmovilidad o la inhibición de una respuesta conductual (Molina et al., 2005).

La ansiedad, como síntoma de alguna patología o como efecto secundario de alguna sustancia, ha sido analizada a través de modelos animales que simulan la reacción en seres humanos (Cruz et al., 2003). Actualmente existen alrededor de treinta modelos animales para el estudio de la ansiedad, algunos recurren a respuestas condicionadas y otros modelos utilizan respuestas más naturales de la especie por lo cual son considerados modelos de respuestas no condicionadas, dentro de estos modelos de respuesta no condicionada podemos encontrar varias pruebas como: campo abierto, tabla de agujeros, supresión condicionada, caja de dos compartimientos blanco-negro, laberinto elevado en cruz, etc. (Molina et al., 2005), (Cruz et al., 2003) y (Gómez et al., 2002).

La prueba de Campo Abierto CA diseñada por Hall en 1934 (Vogel et al., 2013). Consta de una superficie de 68x68cm con paredes de 45cm. Donde el sujeto es colocado individualmente y se observa su comportamiento por varios minutos en días consecutivos.

Se pueden analizar parámetros de locomoción como: distancia recorrida, velocidad media, tiempos en estado inmóvil, etc. Así como parámetros conductuales como: número de defecaciones, actividad exploratoria, etc. Parámetros que son medidos y ponderados para evaluar y dar un valor estimado del grado de ansiedad presente en el animal (Polanco et al., 2012).

Tradicionalmente, las mediciones del comportamiento se las realizaba mediante la observación minuciosa de los investigadores, sin embargo, su precisión en la medición era limitada y hasta cierto punto ambigua, a su vez, la presencia misma del investigador puede alterar el comportamiento del animal (Zurita, 2018).

Se han desarrollado sistemas de análisis de comportamiento animal basados en distintas tecnologías modernas (Polanco et al., 2012). Sin embargo, en el país no se cuenta con esta tecnología, por lo que la industria farmacéutica local escasamente realiza actividades de investigación y desarrollo, concentrando la innovación de fármacos a laboratorios con altas capacidades científicas, tecnológicas y financieras (Tapia, 2018).

2. Trabajos Relacionados

A continuación, se detallan ciertas alternativas utilizando sistemas automáticos de medición de parámetros conductuales de la prueba de campo abierto.

2.1. Prueba de Campo Abierto con Sistema de Sensores

Desde la década de los 50 varios investigadores se han apoyado de la tecnología para optimizar el proceso de realización de las pruebas. La interrupción de haces de luz visible e infrarroja como medida de movimientos ha sido utilizada ampliamente y es capaz de registrar no solo la actividad motora general, sino también la locomoción, la crianza y la velocidad de locomoción. Además de la interrupción de haces de luz, dispositivos basados en sistemas de capacitancia han sido desarrollados y ampliamente utilizados (Polanco et al., 2012).

En 1991 se estudiaron los efectos del comportamiento de agonistas de adenosina A1 y A2 selectivos y antagonistas en ratones, usando un monitor de actividad Digiscan (Omnitech Electronics Inc., Columbus, OH) equipado con una computadora compatible con IBM (Nikodijevic et al., 1991). El sistema incluía jaulas de monitoreo de la actividad (40 × 40 × 30.5 cm), cada una de las cuales estaba rodeada de sensores horizontales y verticales no detectables por el roedor.

2.2. Prueba de Campo Abierto con Procesamiento de Imágenes

El procesamiento de imágenes es una rama de la tecnología que utiliza distintas técnicas para analizar, modificar o extraer información de imágenes digitales, dependiendo de la aplicación que se desee implementar (Mendoza, 2009).

En (Vorhees et al., 1992) se describe un sistema de actividad locomotora para roedores. El sistema consiste en una cámara de prueba negra, ventilada e internamente iluminada con un techo con una cámara de video montada. La imagen de la cámara es transmitida a un rastreador sensible al contraste que mapea el punto de mayor contraste y retransmite las coordenadas digitalizadas a una PC y el software dedicado almacena la información y simultáneamente muestra un mapa del sujeto rastreado.

Ströhle et al. (1997) montó una cámara de video conectada directamente a una computadora por encima de seis cajas locomotoras (60 × 60 cm cada una) (Ströhle et al., 1997). La distancia recorrida por la rata en un intervalo de 20 minutos se determinó con un video digitalizador (TSE Systems, Bad Homburg, Alemania).

2.3. Cajas de observación conductual (Phenotyper de Noldus)

Este dispositivo que combina las dos técnicas anteriores de utilización de sensores y procesamiento de imágenes consta de una caja fabricada en metacrilato, se encuentra conectada a un aparato capaz de registrar diversas variables que una vez volcadas a un ordenador permiten realizar multitud de análisis de las conductas realizadas por el animal dentro de ella (Pham et al., 2009).

La caja de observación conductual permite observar y registrar de manera detallada la conducta de los roedores. Está pensada para periodos de tiempo de observación largos. Pueden registrarse recorridos, paradas, velocidad, tiempo en reposo, ciclos de sueño-vigilia, etc (Visser et al., 2006).

3. Descripción del Diseño

3.1. Descripción General

El sistema consiste en la recolección de videos a través de una cámara digital que trabaja con el protocolo IP. La cámara se encuentra montada en una base de aluminio y graba el comportamiento de los ratones que se encuentran en una caja de acrílico (68 cm. x 68 cm. de base, 45 cm. de altura). La cámara adquiere las imágenes del comportamiento del ratón en la caja, las comprime y las envía a través de la red al computador, previa autenticación y petición del usuario.

Con el software de gestión propio de la cámara, instalado en una PC, se extraen los videos con exactitud para su posterior análisis. En Matlab®, que es el software matemático de análisis, diseño y simulación de sistemas más utilizado (Zavala, 2017), se diseñó e implementó la aplicación encargada del análisis de los videos denominada EMIS, la cual posee una interfaz gráfica diseñada para interactuar con el usuario. Cuando EMIS ha finalizado el análisis, se almacena los datos recogidos en un archivo de Excel. La Figura 1 muestra un esquema general de la operación del sistema completo.

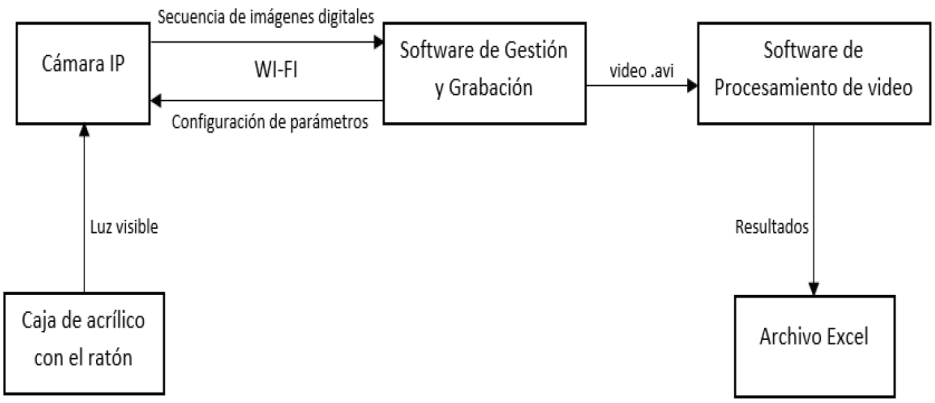


Figura 1 – Esquema general del prototipo.

3.2. Integración del Hardware

Para la implementación del sistema se utilizó la cámara de marca: D-LINK, modelo: DCS-931L, una cámara que trabaja bajo el protocolo IP, con características comunes al resto de cámaras IP disponibles en el mercado (Zavala, 2017). Se utilizó un software proporcionado por el fabricante de la cámara denominado D-VIEWCAM®, que sirve para configurar distintas opciones como: Wi-FI, autenticación de usuarios, dirección IP, resolución de imagen, codecs de video, etc. Una vez hecha la configuración para establecer la conectividad entre la cámara y la PC con el software de gestión siguiendo los pasos del fabricante, se obtuvieron videos de prueba con parámetros de grabación diferentes, que sirvieron para aplicar las varias técnicas de procesamiento de imágenes para detectar los parámetros de la prueba de campo abierto.

En la Figura 2, se puede observar el software de gestión grabando la actividad del ratón en la caja de la prueba.



Figura 2 – Software de gestión y grabación D-ViewCam de D-LINK

Posterior a las pruebas, se optó por los siguientes parámetros opcionales de grabación de la cámara que proporcionan la calidad de video necesaria para aplicar las técnicas de procesamiento de imágenes, así como para obtener un tamaño de archivo mínimo, para no sobrecargar al programa de análisis de videos:

- Frame Rate: 10fps
- Resolución: 680x480
- Extensión de video: AVI
- Formato de Pixel: YUV24

En cuanto al lugar de grabación, se diseñó estructura de aluminio con altura regulable (1.4-2m), en la parte superior se encuentra una tapa de tabla tríplex, la cual sirve como

base para la cámara, que junto con unas cortinas sirve para bloquear la luz excesiva que puede ser reflejada en la caja. El lugar se encuentra aislado de ruido externo y parcialmente cubierto de luz natural. Su principal fuente de iluminación son focos fluorescentes que mantienen un nivel estable de luz en el lugar. En la Figura 3 se puede observar el equipo de grabación.



Figura 3 – Estructura de grabación

3.3. Ingreso de Videos y Preprocesamiento

Cuando se ha adquirido el video que se desea analizar, este se carga a la aplicación EMIS. Internamente la aplicación lee los datos del video con el comando VideoReader y se almacenan en una variable de cuatro dimensiones: pixeles verticales (alto 480 pixeles), pixeles horizontales (ancho 640 pixeles), colores primarios (RGB) y número de imágenes (Ni). Dentro de cada intersección de dimensiones se encuentra el valor de intensidad de pixel (Gonzalez & Woods, 2007), que en la cámara seleccionada para esta aplicación son valores de tipo uint8, es decir números enteros formados con 8 bits, de 0 a 255.

El video también contiene información sobre la frecuencia de muestreo (fs) de las imágenes o también llamadas frames o fotogramas, se puede calcular el tiempo (instante) en el que se obtuvo cada frame, dividiendo el número del frame para la frecuencia de muestreo. La aplicación permite seleccionar el tiempo máximo de duración para el análisis del video.

Si la duración del video es mayor a la del tiempo seleccionado, el programa calcula el número de imágenes que se debe analizar para obtener el tiempo seleccionado. En la Figura 4 se puede observar la aplicación desarrollada para el procesamiento del video grabado con la captura del primer frame.

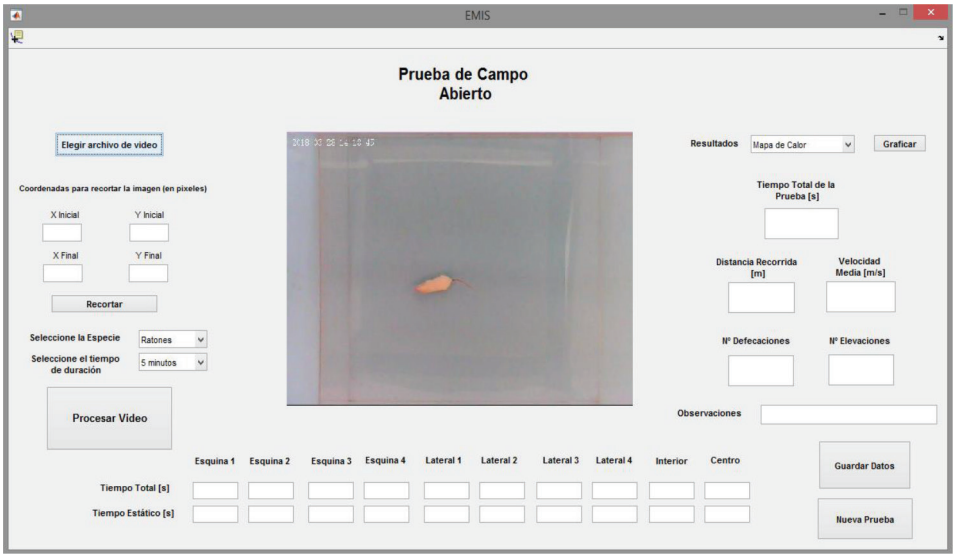
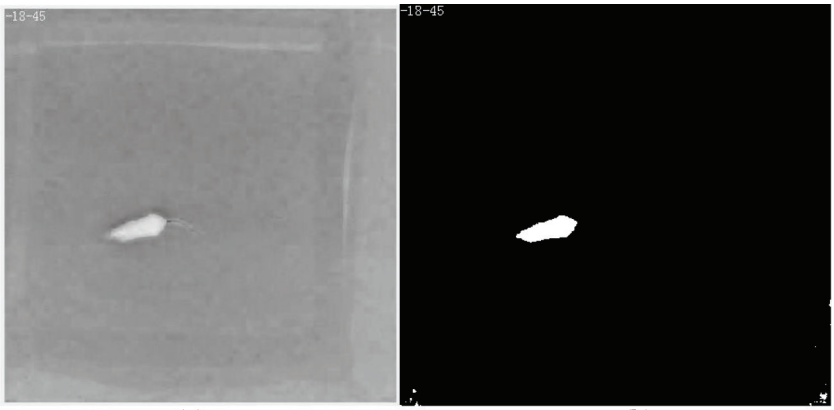


Figura 4 – Lectura del video y visualización del primer frame

3.4. Discriminación del ratón.

Para ubicar al ratón es necesario discriminar su figura en la imagen. Para esto, se utilizó la técnica de binarización (Gonzalez & Woods, 2007) de la imagen con un valor de umbral (Gonzalez & Woods, 2007) que permita que la intensidad del tono blanco del ratón (con



(a) (b)

Figura 5 – a) Imagen en escala de grises, b) Imagen Binarizada

valores mayores al umbral) sea transformado en blanco binario y el resto de la imagen (con valores menores al umbral) en negro binario. En las pruebas de campo se determinó un valor de umbral entre 0.45 y 0.65, valores que dependen de la iluminación del lugar y del tono de blanco que tenga el animal. Como resultado se obtiene una imagen con el área correspondiente al cuerpo del ratón en blanco, y el fondo de color negro (Figura 5). El utilizar la binarización permite obtener el área en pixeles que corresponde al cuerpo del ratón, valor que es útil para obtener otros parámetros de interés de la prueba.

Como se observa en la Figura 5 (b) existen pixeles ajenos al ratón, que también se muestran en blanco. Para eliminar estos pixeles se aplicó un filtro de mediana (Gonzalez & Woods, 2007), con el comando de Matlab medfilt2, este filtro es utilizado para eliminar ruido en imágenes (generalmente binarizadas) y a su vez, en este caso, estiliza la silueta del ratón, como se observa en la Figura 6.

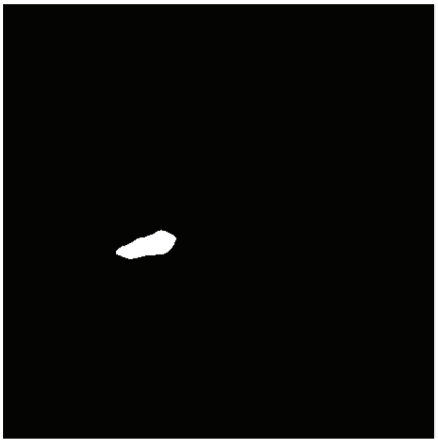


Figura 6 – Imagen Binarizada y aplicada un filtro de mediana

Con el ratón discriminado se aplica la función regionprops. Esta función propia de Matlab aplica internamente varias funciones matemáticas como: centro de masa, área, etc. para identificar las figuras en blanco de la imagen y dar información acerca ellas.

Area	Centroid	BoundingBox
10	[12.5000 45...	[10.5000 449.500...
2	[17.5000 442]	[16.5000 441.500...
16	[19.3125 45...	[16.5000 455.500...
1174	[161.7981 2...	[127.5000 241.50...
2	[442 456.50...	[441.5000 455.50...
76	[456.5132 4...	[452.5000 444.50...

Figura 7 – Resultados de la función regionprops obtenidos del workspace de Matlab

Existe la posibilidad de tener pixeles en blanco fuera del área del ratón, a pesar de haber aplicado el filtro de mediana. Para saber cuál de estas figuras formadas por pixeles en blanco corresponde al ratón, se hace un control que consiste en verificar que el área de alguna de las figuras detectadas por regionprops, se encuentre alrededor de los 18cm2 correspondientes a la superficie visible y estimada de un ratón promedio (Fuentes-Paredes & et, 2008), desde el ángulo de la cámara.

Como se observa en la Figura 7, el resultado resaltado en celeste, si se lo transforma de pixeles a cm2, cumple con un valor de área para ser considerado como el ratón que se pretende discriminar, dicha transformación se realiza aplicando la ecuación (1)

$$área\left[cm^2\right] = área\left[pixeles\right] * \frac{\left(0.68\left[cm\right]\right)^2}{\left(anchoxalto\right)\left[pixeles\right]}. \quad (1)$$

Identificado el objeto se utiliza las coordenadas (plano cartesiano en pixeles) del centro de masa que también son proporcionados por la función regionprops.

3.5. Obtención de Trayectoria.

Una vez obtenidas las coordenadas del ratón en cada imagen del video, es posible obtener la distancia que este recorre entre cada imagen, calculando la distancia entre dos puntos; y, al sumar estas distancias de un centro de masa a otro, entre cada imagen, se puede obtener una distancia total recorrida. La distancia total esta contabilizada en pixeles, para tener la distancia en metros se debe hacer una relación entre el ancho y largo de la base en pixeles y las dimensiones de la base en metros, como se observa en las ecuaciones (2) y (3).

$$d_t\left[pixeles\right] = \sum_{1}^{Ni} \sqrt{\left(y_2 - y_1\right)^2 + \left(x_2 - x_1\right)^2}. \quad (2)$$

$$d_t\left[m\right] = d_t\left[pixeles\right] * \frac{0.68\left[m\right]}{\frac{alto + ancho}{2}\left[pixeles\right]}. \quad (3)$$

3.6. Velocidad Media.

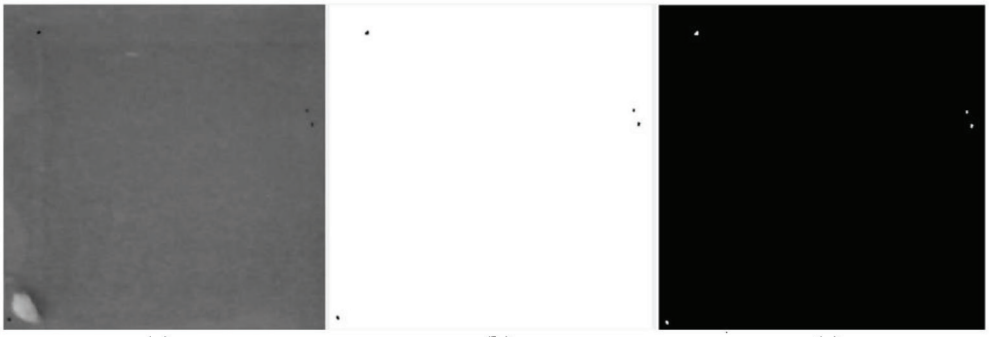
Para calcular la velocidad se divide la distancia recorrida en cada frame para el tiempo de muestreo, este proceso se lo hace en cada interacción. El tiempo de muestreo se lo puede calcular dividiendo el número total de muestras para la frecuencia de muestreo, como se demuestra en la ecuación (4).

$$v\left[m/s\right] = \frac{d_t\left[m\right] * fs}{N_i}. \quad (4)$$

3.7. Número de Defecaciones.

Las defecaciones del ratón, durante un estado de salud apto para la prueba (Fuentes-Paredes & et, 2008), son de color obscuro y tienen formas y dimensiones semejantes.

Para poder discriminar y contabilizar las defecaciones se utiliza la binarización con un bajo umbral de tal manera que todo lo que tenga un tono claro se trasforme en blanco, incluido el ratón y solo las defecaciones tengan un color negro. Como la función regionprops reconoce al negro como fondo y al blanco como objeto, es necesario primero obtener el negativo de la imagen, como se observa en la Figura 8.



(a) (b) (c)

Figura 8 – a) Componente en escala de grises, b) Umbralización de la imagen a, c) negativo de la imagen b.

Con la función regionprops aplicada al negativo de la imagen binarizada, se obtiene el área de las figuras en blanco y si cumplen con un determinado rango de área (0.25 – 0.75 cm2) se las considera defecaciones y se las cuenta.

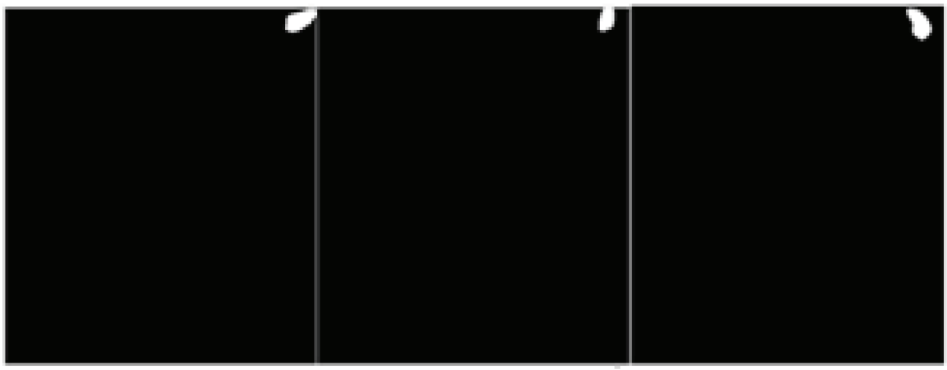
Debido a su tamaño pequeño es posible que ciertas sombras o partes del ratón también aparezcan en la imagen. En este caso no se puede aplicar filtro de mediana, ya que el área de las defecaciones es muy pequeña y puede ser alterada por el filtro. Para corregir estos errores y que no alteren el resultado se aplicó la función estadística mode (moda) a la variable que almacena el número de defecaciones en cada frame, para solamente considerar la cantidad de defecaciones más recurrente cada cierto intervalo de tiempo.

3.8. Número de Elevaciones.

Para detectar las elevaciones que hace el ratón durante la prueba, se considera que de la perspectiva desde la que graba la cámara, el campo visual del ratón se reduce en cada elevación, es decir, su área en pixeles en la imagen se reduce; y viceversa, cuando vuelve a su postura natural, el área vuelve a un rango normal. En las pruebas de campo se observó que el ratón reduce un 76% su área en pixeles cuando está erguido, que tarda en cambiar su postura entre 0.4 y 1.2 segundos y que la ubicación de su centro de masa en perspectiva no varía más de 1.5cm.

El programa almacena el valor del área del ratón en cada frame, teniendo un vector que recoge el historial de áreas, a partir del tercer segundo de análisis, se compara el área actual con las anteriores dentro de un rango de tiempo de 0.4 y 1.2 segundos, que para una tasa de muestreo de 10fps son entre el cuarto y el décimo segundo frame anterior. También se almacena un vector posición, utilizado previamente para obtener la distancia

recorrida, el cual se utiliza para calcular la distancia recorrida en mismo intervalo de tiempo (0.4s - 1.2s). Si se verifica la ocurrencia de una reducción del área mayor al 76% y una distancia recorrida del centro de masa del ratón menor a 1,5cm se determina que el ratón se elevó. Esta secuencia de eventos se observa en la Figura 9.



(a) (b) (c)

Figura 9 – Componente binarizada y filtrada. a) Imagen en 24,07s b) imagen en 24,96s, c) imagen en 25,85s

3.9. Tiempos de Permanencia en Lugares Específicos.

Al saber la posición del ratón en cada imagen, se puede verificar si esa posición se encuentra dentro un área específica de la base de la imagen. Las áreas definidas se especificaron como se pueden observar en la Figura 10.

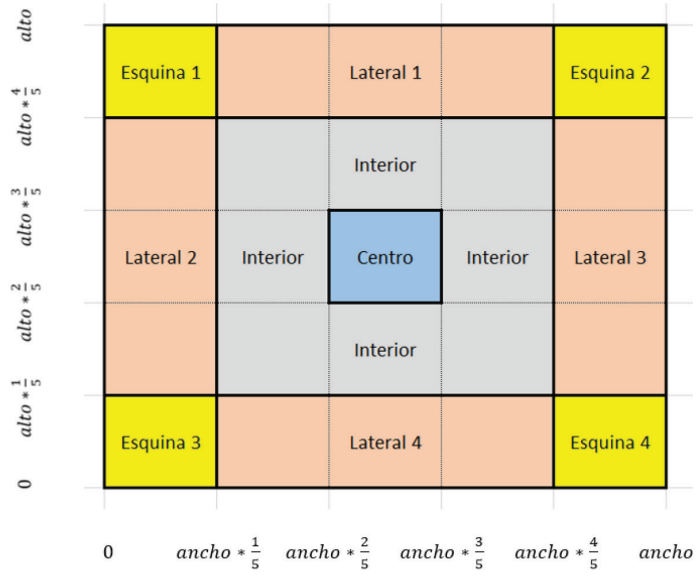


Figura 10 – División de la base de la caja

Se verifica que las coordenadas de ubicación del ratón se encuentran dentro del rango de alguna de las áreas observadas en la figura 10, el contador de la variable tiempo en esa posición se incrementa en 1. Para obtener el tiempo se debe multiplicar dicha variable por el tiempo que dura cada imagen, es decir, el inverso del tiempo de muestreo.

4. Resultados y Validación

4.1. Interfaz Gráfica.

Dentro de la interfaz gráfica diseñada en GUI de Matlab se encuentran cuadros de texto donde se visualizan los resultados de los parámetros, siendo obtenidos a medida que avanza el análisis. Al mismo tiempo se puede observar en una pantalla la posición del ratón en cada frame, siendo representada por un asterisco (*), como se observa en la Figura 11.

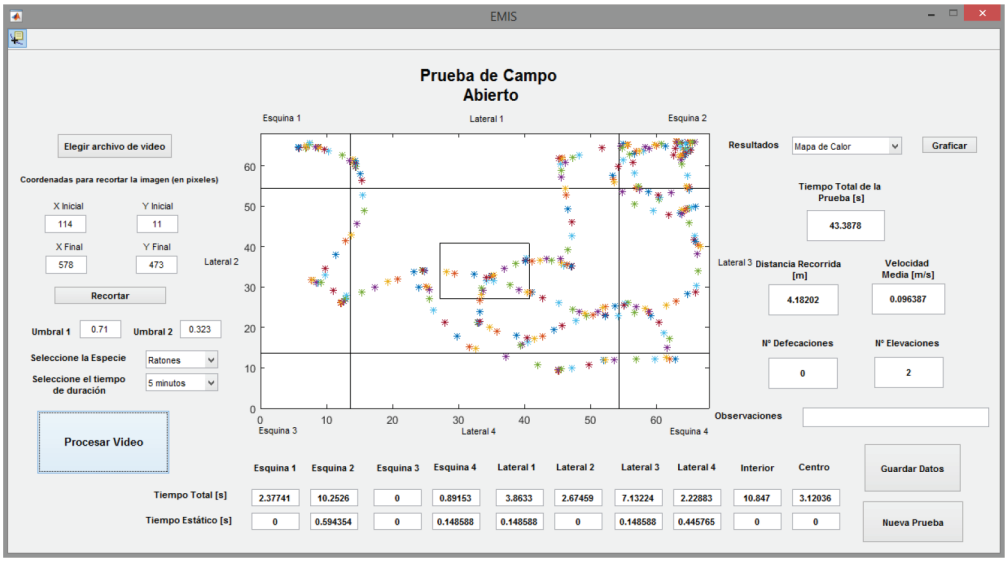


Figura 11 – Visualización de resultados y trayectoria

4.2. Gráficas Estadísticas.

Para una mejor interpretación del investigador de los resultados obtenidos, se diseñaron varias graficas estadísticas sobre las variables obtenidas. También se puede visualizar un denominado “Mapa de Calor”, que es una figura que muestra en tonos fríos (azules) las zonas de la caja donde el ratón permaneció menos tiempo y en tonos cálidos (rojos) las zonas donde el ratón permaneció más tiempo. Con esto el investigador puede asociar zonas específicas de permanencia con comportamientos propios de estados de ansiedad, esto se observa en la Figura 12.

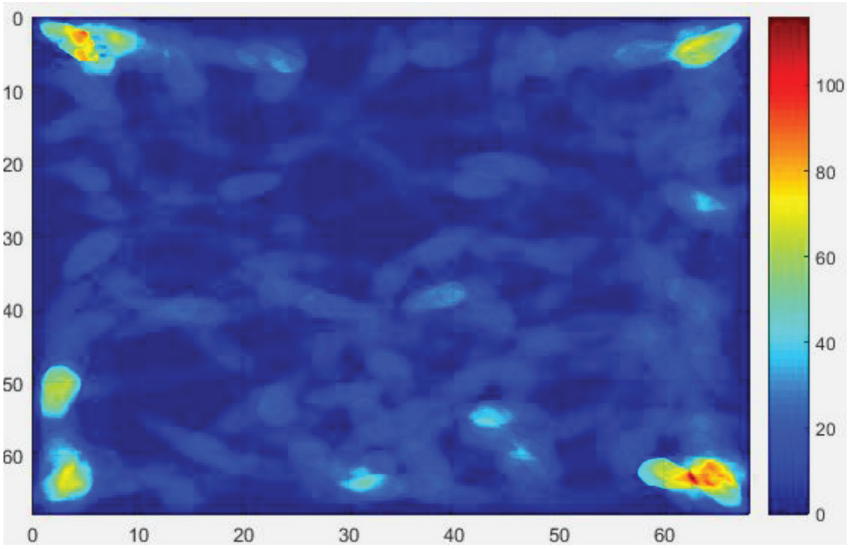


Figura 12 – Mapa de Calor

4.3. Validación.

Para la validación del sistema se realizó una prueba estadística en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Esta prueba de campo abierto fue realizada por la Bqf. Jessenia Zurita siguiendo los protocolos establecidos por la farmacología, teniendo una duración de tres semanas, con un período de adaptación previa de los roedores de 15 días. Los resultados del análisis se encuentran publicados en la tesis de grado titulada "Validación del equipo electrónico modelo de "Campo Abierto" para evaluar la actividad ansiolítica in vivo en ratas (rattus norvegicus) y ratones (mus musculus)", (Zurita, 2018).

Los videos fueron analizados por cinco observadores para corroborar que los datos obtenidos por el programa sean estadísticamente correctos.

En el análisis estadístico se empleó el test t-Students para muestras emparejadas, el cual indicó una probabilidad de error menor a 0.01 para todos los parámetros evaluados. Concluyendo que los datos obtenidos por el sistema y por los observadores en ambos casos son estadísticamente iguales.

4.4. Discusión.

Una vez concluidas las etapas de verificación y validación del funcionamiento del sistema, se logró determinar las altas prestaciones que brinda el dispositivo implementado frente a métodos tradicionales y manuales, así como a sistemas similares, si bien se han desarrollado aplicaciones que automatizan el proceso manual realizado, dichos sistemas no obtienen la cantidad de parámetros recolectados y mostrados en esta aplicación,

tales como distancia recorrida, velocidad media y continua, número de elevaciones y defecaciones del roedor, ubicación, trayectoria y mapa de calor, los cuales son de gran utilidad en la investigación de condiciones ansiolíticas verificados en roedores.

Adicionalmente al ser un sistema completamente inalámbrico y libre de sensores que puedan perturbar el comportamiento original del roedor sesgando los resultados obtenidos, el sistema representa una alternativa altamente confiable exponiendo resultados no condicionados a factores externos, tales como la presencia de los operadores, acción de sensores ultrasónicos, electromagnéticos, lumínicos, etc.

5. Conclusiones

- El sistema identifica la posición del ratón en cada frame, dando la coordenada exacta del centro de masa de su figura en dos dimensiones, medición muy exacta en comparación de métodos tradicionales de ubicación como la observación.
- Se utilizó la binarización mediante umbrales como técnica de procesamiento digital de imágenes de dominio espacial, ya que permitió obtener la ubicación del ratón, así como la información de su área en la imagen, dos parámetros fundamentales para determinar los resultados finales de la prueba.
- El sistema brinda la posibilidad de tener un sistema automático de obtención de parámetros de la prueba de campo abierto. Teniendo un número de parámetros mayor en comparación con otros sistemas automáticos y manuales ya implementados. Su funcionalidad de grabación inalámbrica permite un ambiente aislado y libre de cualquier perturbación que pueda alterar el comportamiento de los ratones durante la prueba.
- La cantidad de información presente en los videos es muy alta y hace que durante el procesamiento de la información se requieran muchos recursos de procesamiento y almacenamiento, restringiendo su uso a computadores actuales y de buenas características de procesamiento.

Referencias

Balseca-Chávez, G., Vinueza, D. “Evaluación comparativa de la actividad ansiolítica de los extractos de hojas y flores de Passiflora ligularis y Passiflora mixta por administración oral en ratones Mus musculus”. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, ESPOCH, Riobamba, Ecuador, pp. 12-13. 2016.

Cruz-Morales, et al. “Modelos de ansiedad”. Revista Mexicana de Análisis de La Conducta, pp. 95-98. 2003. [Online:] [Consulta: 16 de Abril del 2018] Disponible en: https://doi.org/10.5514/rmac.v29.i1.23518

Fuentes-Paredes, F., et al. “Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: Ratón”, Instituto Nacional de Salud, Lima, Perú, pp. 11. 2008. [Online:] [Consulta: 21 de Marzo del 2018] Disponible en: https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/117/CNPB-0002.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Gómez, C., Saldívar, A., & Rodríguez, R. “Modelos animales para el estudio de la ansiedad: Una aproximación crítica”. Salud Mental, vol. 25, n°1, pp. 14-24. Feb 2002.

Gonzalez, R., & Woods, R. Digital Image Processing. Thrid Edition, Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 2006.

Mendoza, M. "Procesamiento y análisis digital de imágenes mediante dispositivos lógicos programables". Tesis de Grado, Uni. Tec. De la Mixteca, Huajuapan de León, México. 2009. [Online:] [Consulta: 1 de Abril del 2018] Disponible en: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10726.pdf

Molina, M. et al. "El estudio experimental de la ansiedad". La Ciencia y el Hombre, vol. XVIII, nº 2, pp. 4, May-Ago 2005. [Online:] [Consulta: 15 de Junio del 2018] Disponible en: https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol18num2/articulos/ansiedad/index.htm

Nikodijevic, O., Sarges, R., Daly, J. W., & Jacobson, K. A. "Behavioral effects of A1- and A2-selective adenosine agonists and antagonists: evidence for synergism and antagonism". Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, vol. 259, n° 1, pp.286-294. 1991.

Pham J., Cabrera S.M., Sanchis-Segura C., Marcelo A. (2009). Wood Automated scoring of fear related behavior using EthoVision software. Journal Neuroscience Methods. 178(2): 323–326.

Polanco, L. A., Vargas-Irwin, C., & Góngora, M. E. "Modelos animales: Una revisión desde tres pruebas utilizadas en ansiedad". Suma Psicológica, vol. 18, n°2. pp. 142-146. Dic 2011. [Online:] [Consulta: 23 de Marzo del 2018] Disponible en: http://publicaciones.konradlorenz.edu.co/index.php/sumapsi/article/view/987/670

Reyes-Ticas, J. "Trastornos De Ansiedad: Guia Practica Para Diagnostico Y Tratamiento". Bibl. virtual en salud. Honduras, pp. 10. 2005. [Online:] [Consulta: 21 de Junio del 2018] Disponible en: http://www.bvs.hn/Honduras/pdf/TrastornoAnsiedad.pdf

Ströhle, A., et al. "Central and peripheral administration of atriopeptin is anxiolytic in rats". Neuroendocrinology, vol. 65, n° 1, pp. 210-2015. 1997. [Online:] [Consulta: 2 de Abril del 2018] Disponible en: https://doi.org/10.1159/000127274

Tapia, E. "Lineamientos de Política Pública para incrementar el acceso a medicamentos por parte del Estado". Tesis de Grado, Facultad de Economía, PUCE, Quito, Ecuador, pp. 42-43. 2015. [Online:] [Consulta: 10 de Marzo del 2018] Disponible en: http://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/documentos/IndustriaFarmaceutica.pdf

Visser, L., Kuurman, W., Kas, M., Spruijt, B. (2006). Novel approach to the behavioural characteristics of inbred mice: automated home cage observations. Brain and Behavior. 5: 458-466.

Vorhees, C. V., Acuff-Smith, K. D., Minck, D. R., & Butcher, R. E. "A method for measuring locomotor behavior in rodents: Contrast-sensitive computer-controlled video tracking activity assessment in rats". Neurotoxicology and Teratology, vol. 14, n° 1, pp. 43-49. Ene-Feb 1992.

Vogel, H. G., Maas, J., Hock, F. J., & Mayer, D., Drug Discovery and evaluation: Pharmacological Assays, Third Edition. New York: Springer, 2008, pp. 573-574.

Zavala-Dávalos, L. “Desarrollo de un Sistema de Adquisición y Procesamiento de Señales Electromiográficas con Matlab para la Identificación de Los Movimientos Extensión, Flexión, Pronación Y Supinación de un Brazo Humano”. Tesis de Maestría, IPEC, ESPOCH, Riobamba, Ecuador, pp. 35-36. 2017. [Online:] [Consulta: 7 de Abril del 2018] Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/7546/1/20T00917.PDF

Zurita-Jines, J., “Validación del equipo electrónico modelo de “Campo Abierto” para evaluar la actividad ansiolítica in vivo en ratas (Rattus norvegicus) y ratones (Mus musculus)”. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias, ESPOCH, Riobamba, Ecuador. 2018.

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

Recebido/Submission: 31/07/2019
Aceitação/Acceptance: 20/10/2019

Diseño de un Sistema Difuso para la Detección y Ubicación de Fugas en Tuberías Horizontales

July Andrea Gómez Camperos[1], Fernando Jesús Regino Ubarnes[2], Edwin Edgardo Espinel Blanco[3].

jagomezc@ufpso.edu.co, fjregino@ufpso.edu.co, eeespinelb@ufpso.edu.co.

[1] Grupo de Investigación INGAP, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña,Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

[2]Grupo de Investigación INGAP, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña,Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

[3] Grupo de Investigación GITYD, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña,Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

Pages: 277–290

Resumen: El presente artículo describe el desarrollo y posterior validación de un modelo para detección y ubicación de fugas en tuberías horizontales, basado en lógica difusa. El sistema emplea, como variables de entrada, las variables de control propias del banco de tuberías experimental: el flujo y la presión. Las variables empleadas para el desarrollo del sistema se obtuvieron de los datos suministrados por los sensores de presión y caudal instalados en una tubería piloto ubicada en el laboratorio de Automatización de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, a través de una plataforma virtual acoplada a un sistema de adquisición de datos, el propósito fue implementar una herramienta computacional inteligente que realizara la detección y ubicación de la fuga en tiempo real, garantizando niveles bajos de falsas alarmas y ubicando con precisión el tramo donde ocurre la fuga.

Palabras-clave: lógica Difusa; detección de fugas; Tuberías hidráulicas; Instrumento Virtual.

Design of a Fuzzy System for Detecting and Locating Leaks in Horizontal Piping Systems

Abstract: The present article describes development and later validation of a model for detection and position of leaks in horizontal pipes, based in fuzzy logic. The system uses, like variables of entrance, the own experimental manipulated variables of the bank of pipes: The flow and pressure. The employed developmental variables of the system obtained themselves of the data supplied by the sensors of pressure and flow installed in a piping I have command over a subject once a data acquisition system was located in the laboratory of Automatización of the Universidad Francisco of Paula Santander Ocaña, through a virtual matched platform, the purpose was to implement a computational intelligent tool that

accomplishes the detection and in real time position of the leak, guaranteeing low levels of false alarms and locating the span with precision where happens the leak.

***Keywords**:* Fuzzy logic; Leak detection; Hydraulic piping systems; Virtual Instrument.

1. Introducción

La seguridad y confiabilidad de las tuberías de transporte de hidrocarburos representan un aspecto crítico para la industria Petrolera. Las fallas en la tubería causadas por la corrosión, agentes externos, entre otros, pueden desarrollar fugas. o incluso la ruptura, lo que puede tener un impacto negativo en la población, el entorno natural, la infraestructura y la economía (Datta & Sarkar, 2018).

Existen muchos métodos disponibles para detectar y localizar una fuga en las tuberías que van desde la verificación de la trayectoria visual, la excavación mecánica directa hasta sofisticadas técnicas basadas en modelos, como los métodos basados en el balance de masa /volumen, la onda de presión negativa , el modelo transitorio , las fibras ópticas distribuidas y las ondas acústicas(Bermúdez, J. R., Santos-Ruiz, I., López-Estrada, F. R., Besançon, G., Torres, L., Valencia-Palomo, G., & CONACyT, 2018),(Verde, C., Molina, L., y Carrera, 2011)

Cada método tiene sus ventajas y desventajas. El método basado en ondas acústicas es prometedor, aunque la distancia de monitoreo es corta. Para aplicar el método acústico en tuberías de larga distancia, se elige un sensor de presión dinámico para expresar grandes amplitudes que se pueden propagar en una larga distancia, según la propuesta de una onda de presión dinámica, y se modifica la fórmula de ubicación de fugas.

En el diagnóstico de fugas, no solo es importante detectar la fuga y cuantificarla, sino que es una prioridad localizarla con la mayor precisión posible. Por lo tanto, es necesario tener algoritmos que determinen con precisión la ubicación de la fuga porque no siempre es visible desde fuera de la tubería.

En este artículo se propone una metodología basada en lógica difusa para la detección y ubicación de fugas de fluido en una tubería horizontal, considerando las mediciones de presión y el flujo en los extremos de la tubería. Este método permite enfocarnos en las características que se presentan al existir una fuga en un sistema, en vez de caracterizarlo completamente. Al utilizar el conocimiento de los diferentes métodos en conjunto, además de las recomendaciones para la detección de fugas, se puede crear una serie de reglas difusas que le brinden a nuestro sistema de detección un gran nivel de flexibilidad y una precisión en la detección y ubicación de fugas.

(Hurtado Cortes, Villarreal-López, & Villarreal-López, 2016)Una falla, es un cambio en el comportamiento de alguno de los componentes de un sistema, de manera que éste ya no puede cumplir con la función para la cual fue diseñado. Los sistemas de detección y diagnóstico de fallas, se presentan como una solución que permite determinar el estado de operación del proceso, así como identificar la naturaleza de las fallas presentadas, su localización y riesgo.

Los sistemas basados en Lógica Difusa o LD han sido eficientemente aplicados en problemas de detección y diagnóstico de fallas(Da Silva, H. V., Morooka, C. K., Guilherme, I. R., da Fonseca, T. C., & Mendes, 2005).

Los sistemas difusos se pueden usar para estimar cualquier función real en un subconjunto difuso compacto. El sistema difuso es un método basado en reglas en el que el conjunto de reglas aprende de la experiencia de un experto o el conocimiento previo del sistema. Debido a su implementación más sencilla y costos de diseño reducidos, el sistema difuso se usa ampliamente y se implementa con éxito en el área de control, pronóstico, monitoreo de planta, diagnóstico y detección de fallas (Mendonça, Sousa, & Sá da Costa, 2009).

El uso de modelos difusos aumenta la capacidad de detectar y diagnosticar fallas para trabajar con sistemas sin información completa y ruidosa. La ventaja clave de la lógica difusa es que permite que el comportamiento del sistema se describa mediante relaciones "si-entonces"(Kumar, Sen, Azid, & Mehta, 2017).

2. Metodología

La figura 1 muestra el procedimiento que debe cumplir el sistema para la detección y ubicación de la fugas en el banco de tuberías utilizando lógica Difusa.

2.1. Adquisición de datos

Para la toma de datos se utilizó un Chasis NI cDAQ-9178 y un módulo NI 9203 de entradas y salidas analógicas de 4 a 20 mA de National Instruments, Los sensores seleccionados permiten la conexión con el módulo. Como se muestra en la figura 2.

Para establecer comunicación mediante la tarjeta con LabView se utiliza el módulo DAQ Assistant, que es una aplicación que permite configurar las entradas y salidas de la



Figura 1 – Procedimiento Para detección y ubicación de fugas.Fuente: Autores.

tarjeta de adquisición de datos(Quintero, Claro, Regino, & Gómez, 2019),(Carrera, R., Verde, C., & Cayetano, 2014).Una vez configuradas las entradas y las salidas se identifica cual es la señal de cada sensor

Para calibrar el sensor de presión se realizaron pruebas en donde se le cambió el valor de presión (teniendo en cuenta que este sensor permite una visualización a través de un indicador con un display donde se muestra de manera digital y analógica los datos en tiempo real) y luego se relacionó con los valores obtenidos en mA con el módulo de adquisición de datos, obteniendo a través de Curve Fitting (MATLAB), como se muestra en la ecuación 1.

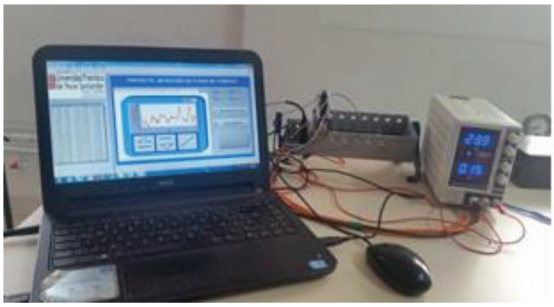


Figura 2 –Tarjeta y chasis para adquisición de datos.Fuente: Autores.

$$f(x) = p_1 * x + p_2 \tag{1}$$

En donde,

$$p_1 = 9256$$

$$p_2 = -37.09$$

Con un ajuste bueno de $R = 0.9935$

Para caracterizar el sensor de Flujo se realizaron pruebas en donde se le cambió el valor de Flujo (teniendo en cuenta que este sensor tiene un rango de operación de 2 a 50 L/ min y que las salidas son de 4 a 24 mA) y luego se relacionó con los valores obtenidos en mA con el módulo de adquisición de datos, obteniendo a través de Curve Fitting (MATLAB), la ecuación 2:

$$f(x) = p_1 * x + p_2 \tag{2}$$

En donde,

$$p_1 = -0.1372$$

$$p_2 = 1.677$$

Con un ajuste bueno de

$$R = 0.9791$$

2.2. Análisis de los datos obtenidos.

Variable	Baja	Fuga sección 1	Fuga sección 2	Fuga sección 3	Fuga sección 4	Trabajo
Presión de entrada	11-12.20 PSI	12.20-12.60 PSI	12.61-12.8 PSI	12.81-13.2 PSI	13.21 -14 PSI	14.4-14.97 PSI
Presión de salida	2-4 PSI	4.85-4.40 PSI	4.82-4.63 PSI	4.98-4.6 PSI	4.80-5.034 PSI	6.3-6.0 PSI
Flujo de entrada	25-25.9 L/min	28.1-27.7 L/min	27.41-27.7 L/min	27.41-26.6 L/min	26.22-26.14 L/min	26.6-26.22L/ min
Flujo de salida	10-17.60 L/min	19.15-18.02 L/min	18.76-17.64 L/min	18.69-18.35 L/min	18.17-17.94 L/min	24.7-24.6 L/min

Tabla 1 – Datos de lasvariables de entrada.

Con el programa de adquisición de datos que se realizó en labview se obtuvo una tabla amplia para poder determinar los umbrales mínimos y máximos de cada una de las variables.

Con los datos obtenidos se analizó el comportamiento de las variables en seis estados como se muestra en la tabla 1.

Esta prueba ayudo a definir posteriormente los umbrales mínimos y máximos de las señales. Además, las funciones de membresía para cada una de las señales.

2.3. Diseño del controlador difuso para detección y ubicación de la fuga

EL primer paso que se realizo fue analizar los datos obtenidos de las variables de entrada. Esencialmente el sistema cuenta con cuatro variables, que son la presión de entrada, la presión de salida, el flujo de entrada y el flujo de salida. El valor de estas variables son obtenidas a través de un instrumento virtual acoplado a una tarjeta de adquisición de datos la cual tiene conectada los sensores que dan las mediciones realizadas en el banco experimental de tuberías.

Observando la tabla 1. Las variables que aportan información significativa al sistema de acuerdo a donde se ubica la fuga es la presión de entrada que aumenta a medida que la fuga se ubica más lejos del sensor de presión de entrada. Y el flujo de entrada que disminuye a medida que la fuga se aleja del sensor de presión de entrada.

En la tabla 2 se observa a que distancia del sensor de presión de entrada se tomaron los datos para generar cada fuga.

Variable	Fuga sección 1	Fuga sección 2	Fuga sección 3	Fuga sección 4
Sensor Presión de entrada	1,03 metros	2,07 metros	4,33 metros	5,365 metros
Sensor de Flujo de entrada	0,65metros	1,69 metros	3,955 metros	4,985 metros

Tabla 2 – Distancias de las fugas a partir del sensor de presión de entrada

Por esta razón se utilizaron como variables de entrada del sistema la presión de entrada y el flujo de entrada.

Una vez definidas las variables de entrada se procede a asociar términos lingüísticos difusos con cada variable de entrada. A cada término, se asignaron funciones difusas triangulares y sigmoidal.

Debido al comportamiento de las variables para la presión de entrada (PE) se le asignaron Seis etiquetas.

- Baja (B)
- Medio Bajo (MB)
- Medio Centro (MC)
- Medio Centro Medio (MCM)
- Medio Alto (MA)
- Trabajo (T)

Para la variable flujo de entrada (FE) las etiquetes serian:

- Baja (B1)
- Trabajo (T1)
- Medio Baja (MB1)
- Medio Centro (MC1)
- Medio Alto (MA1)
- Alta (AL)

La variable de salida representa el comportamiento del sistema de manera cualitativa y no cuantitativa, esta variable fue denominada SAL. Hay siete términos lingüísticos asociados con la salida del sistema y se describen a continuación:

- Correcto (CR)
- Fuga en la sección 1 (F1)
- Fuga en la sección 2 (F2)
- Fuga en la sección 3 (F3)
- Fuga en la sección 4 (F4)
- Sistema sin funcionamiento (SF)
- Sistema con fallos de funcionamiento (FF)

Para los intervalos de operación de las condiciones del sistema su escala no cuenta con una magnitud siendo sus intervalos de 0 a 14, los cuales se verán de manera más detallada en la selección de funciones de membresía presentada a continuación.

Selección de funciones de Membresía

De acuerdo a(Ley Mendoza, Chacón Mondragón, & Vázquez Martínez, 2000), la forma de la función de membresía debe reflejar los cambios en el grado de satisfacción del experto, con los cambios en las variables. Estas pueden ser por ejemplo: triangulares, trapezoidales, lineales, lineales separables, parabólicas, singleton y S.

Las funciones de membresía deben describir el grado de verdad que tenga de la variable ya sea medida, calcula o estimada con respecto a su magnitud y estado deseado, es por ello que la selección de estas deben ser determinadas en base a esa relación (Priyanka, E. B., Maheswari, C., & Thangavel, 2018).

El paso siguiente en el proceso del modelado difuso es la selección de las funciones de membresía de la salida, como el objetivo del controlador difuso es resaltar una cualidad y no generar una acción de control se determinó un intervalo de valores de 0 a 12 para las funciones. Estas funciones se eligieron como triangulares con el fin de tener una distribución equitativa entre ellas y de esta manera obtener una salida uniforme. La figura 3 muestra el sistema MISO de dos entradas y una salida.

Seleccionadas las variables de entrada y de salida del sistema, así como las funciones de membresía propias para cada una de ellas, se continúa a la definición de las reglas difusas.

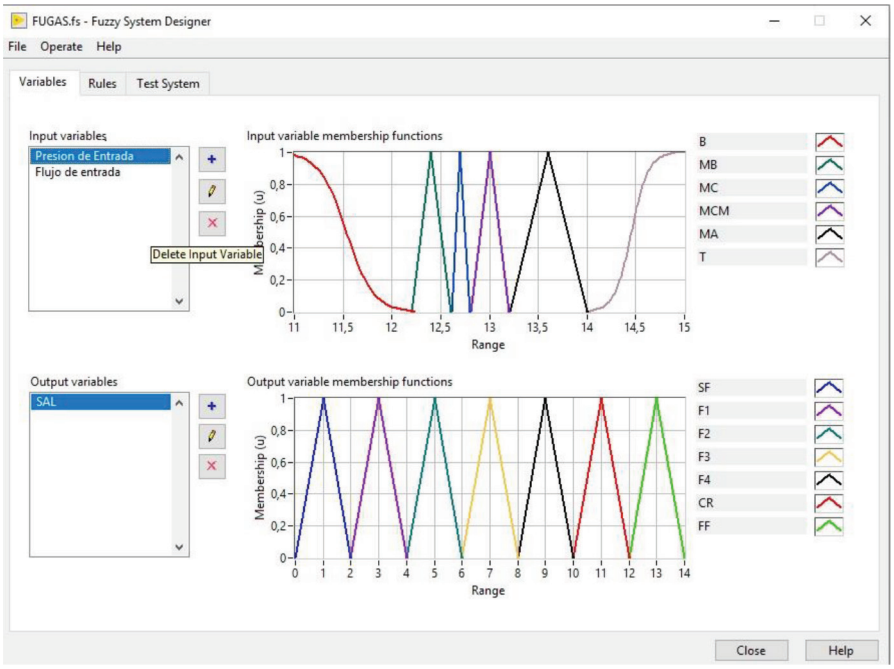


Figura 3 – Sistema MISO de dos entradas una salida.Fuente: Autores.

Definición de las reglas difusas

Para la definición de las reglas difusas se utilizó el conocimiento del comportamiento de las variables de entradas del sistema tomadas del banco experimental de tuberías en ausencia de fugas y en presencia de fugas como se puede observar en la tabla 3.

PRESION DE ENTRADA	FLUJO DE ENTRADA						
		B1	MB1	T1	MC1	MA1	AL
	Baja	SF	FF	FF	FF	FF	FF
	MB	F1	F1	F1	F1	F1	F1
	MC	F2	F2	F2	F2	F2	F2
	MCM	F3	F3	F3	F3	F3	F3
	MA	F4	F4	F4	F4	F4	F4
	T	CR	CR	CR	CR	CR	CR

Tabla 3 – Definición de reglas

2.4. Diseño de la interfaz

Una interfaz se usa para que el usuario visualice de forma amigable el comportamiento de las variables del sistema (presión y flujo) así como tener una notificación del estado del sistema de la tubería ya sea para realizar alguna acción de control o tener un registro del comportamiento del sistema(Gómez, Carreazo, & Camperos, 2015).

Para el diseño de la interfaz se analizó las necesidades del sistema, con el fin de satisfacer las exigencias de monitoreo, detección y ubicación de la fuga en tiempo real, para finalmente emitir un reporte de los resultados, con la ubicación del tramo donde ocurre la fuga.

La interfaz del sistema propuesto cuenta con una pantalla de inicio, la cual tiene tres menús, para realizar la adquisición de datos, la detección y ubicación de la fuga, y una simulación del sistema de tuberías. La figura 4 muestra la pantalla de inicio, y la figura 5 la estructura de las pantallas en programación modular.



Figura 4 – Pantalla de inicio.Fuente: Autores.

Se utilizó el concepto de máquina de estado estilo productor/consumidor. Un patrón diseño maestro/esclavo o productor/consumidor. Este se caracteriza por ejecutar tareas en bucles paralelos, comunicándolos entre sí a través de una cola de datos. Estas colas de datos están incorporadas en el software para el desarrollo del instrumento.

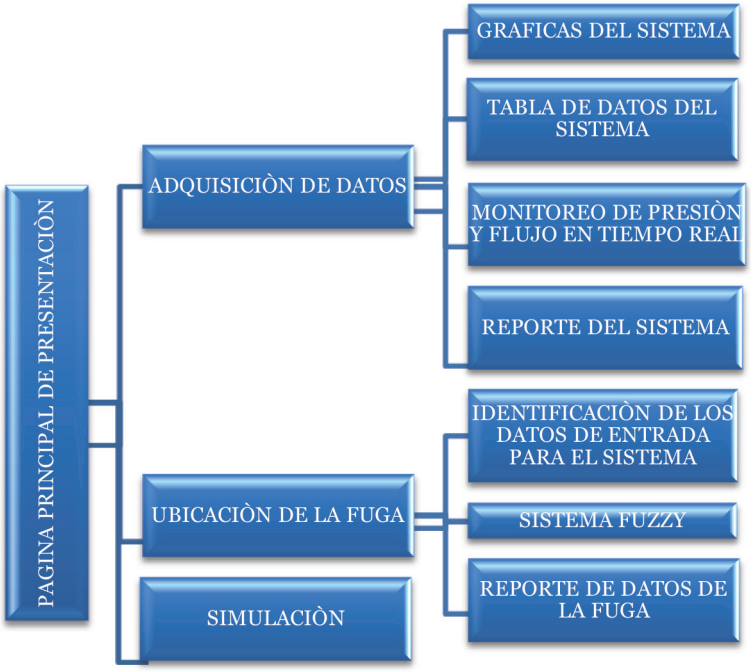


Figura 5 – Estructura de las pantallas.Fuente: Autores.

3. Resultados

3.1. Clasificación de los datos obtenidos de la adquisición y definición de rangos

Una vez obtenidos los datos y procesados se utilizó la aplicación de PID Tuning de matlab, para obtener los modelos dinámicos del sistema en ausencia y presencia de fugas visto desde cada una de las variables de entrada, el comportamiento del sistema se asemeja a un sistema de primer orden cuya función de transferencia se puede ver en la ecuación 3.

$$\frac{Q}{N} = \frac{K}{T_1 * s + 1}\ 3 \tag{3}$$

en donde:

N es la potencia de la bomba.

Q es el flujo

K es la constante proporcional.

T es la constante de tiempo (indica el tiempo que demora la señal en llegar al 63.2 % de su valor final)

La figura 6 muestra el modelo dinámico del sistema en ausencia y presencia de fuga. Se puede observar el comportamiento de las señales de flujo cuando hay una fuga el flujo del sensor de salida baja

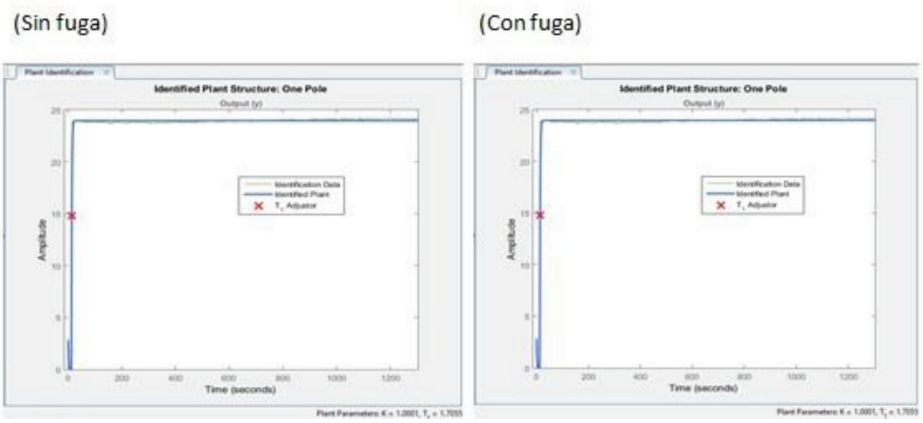


Figura 6 – Modelo dinámico del sistema visto desde el sensor de flujo en la salida.
Fuente: (Camperos, J., Ubarnes, F., & Blanco, 2018)

3.2. Validación del sistema difuso para detección y ubicación del tramo donde ocurre la fuga.

Luego de procesar los datos con las funciones de membresía, y de definir las reglas para la detección y ubicación de la fuga, y de ser ingresadas en el toolkit de labview y matlab, se procedió a validar el sistema, para eso se desarrolló un bloque en simulink con lógica difusa en matlab, luego se alimentó con el flujo de entrada y la presión de entrada. Y nos da la respuesta del sistema con la ubicación de la sección de la fuga.

Los datos introducidos al sistema son:

Presión de entrada= 12.9 PSI

Flujo de entrada= 27 L/min.

Si Analizamos la figura 7podemos observar que el display muestra la salida en 7 si recordamos el rango de salida de 6 a 8 es para la fuga 3. Por lo cual con los datos ingresados podemos ver que el sistema difuso detecta la ubicación de la fuga, en este caso estaría 4,335 metros del sensor de presión de entrada.

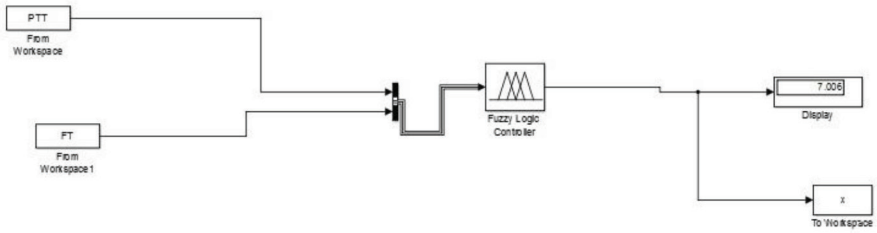


Figura 7 – Fuga en la sección 3. Fuente: Autores.

Posteriormente se utilizó el el toolkit de labview donde se ingresaron todos los datos del sistema difuso diseñado en matlab. Como demostración del procesamiento que realiza Labview en su toolkit se muestra en la figura 8 una simulación de una regla y el cumplimiento de la defuzzificación por el método del centroide. Para lo cual se realizó la validación de la regla ingresada con el test para verificar el cumplimiento.

Interpretando las condiciones de la regla observamos que cuando se la variable flujo de entrada esta en 26,7 L/min y la variable presión de entrada esta en 14 PSI entonces el sistema tendrá la fuga en la sesión cuatro, quiere decir que la fuga se encuentra a 5,36 metros del sensor de presión de entrada y a 4,98 metros del sensor de flujo de entrada.

3.3. Interfaz del sistema difuso para detección y ubicación del tramo donde ocurre la fuga en un banco de tuberías horizontal

Para validar el sistema difuso y la interfaz utilizamos un banco de pruebas de tuberías experimental descrito en (Garcia-Guarin, Gómez, & Contrearas, 2019)y(Camperos, J., Ubarnes, F., & Blanco, 2018)

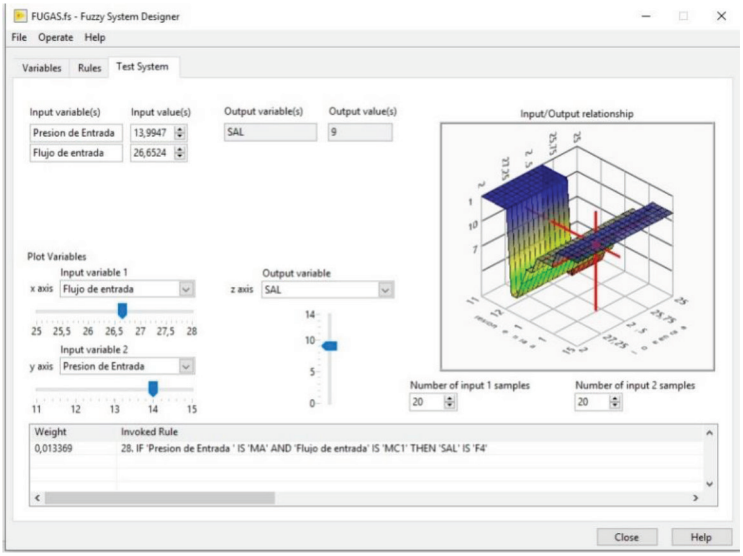


Figura 8 – Test del sistema.Fuente: Autores.

El instrumento virtual utilizado como interfaz tiene una pantalla de inicio como se muestra en la figura 7.

Con el fin de cumplir con el objetivo principal de la investigación, implementamos una pantalla para realizar la detección y ubicación de la fuga en tiempo real. La figura 9 muestra la pantalla cuando el sistema difuso detecta la fuga en la sesión 3 y muestra la implementación en el banco de tuberías horizontal.



Figura 9 – Implementación del sistema difuso de detección y ubicación de la fuga.
Fuente: Autores.

4. Conclusiones

Se obtuvo un sistema de detección y ubicación de fugas en base a la lógica difusa, así como la realización de una HMI para su implementación. Las conclusiones principales de esta investigación son:

- A lo largo de la investigación se pudo observar el comportamiento de la simulación de un oleoducto a través de un banco de tuberías en funcionamiento normal y durante la presencia de fuga.
- El modelado difuso permitió desarrollar un método de detección y ubicación de fugas robusto y de una implementación sencilla.
- La interfaz hombre-máquina permite un manejo agradable al usuario y un acceso cómodo a los datos del sistema.
- el sistema desarrollado no detecta la ubicación exacta de la fuga, sin embargo detecta y ubica la sección donde ocurre.

La diferencia del presente método con respecto a otros es su fácil implementación y su adaptabilidad. Si bien las funciones membrecía se realizaron en base al sistema propuesto, estas son fáciles de modificar para cualquier otro sistema a la vez de que el

propio sistema puede adaptar sus funciones de membresía dependiendo de la caída de presión del sistema.

A su vez el método no está restringido para tuberías de un solo material o de un diámetro en específico. Puede servir también como auxiliar a algún otro método de detección existente, delimitando la sección de la que se ubica la fuga.

Referencias

Bermúdez, J. R., Santos-Ruiz, I., López-Estrada, F. R., Besançon, G., Torres, L., Valencia-Palomo, G., & CONACyT, C. 2018. *Modelado y simulación de una red hidr aulica para diagnostico de fugas*. 10–12.

Camperos, J., Ubarnes, F., & Blanco, E. 2018. *Experimental Study for Detection of Leaks in Horizontal Pipelines*. *11*(101), 5017–5025.

Carrera, R., Verde, C., & Cayetano, R. (2014). *on de un SCADA para Localizar Fugas en Ductos*.

Da Silva, H. V., Morooka, C. K., Guilherme, I. R., da Fonseca, T. C., & Mendes, J. R. (2005). Leak detection in petroleum pipelines using a fuzzy system. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, *49*(3–4), 223–238. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2005.05.004

Datta, S., & Sarkar, S. (2018). *Una revisión sobre diferentes métodos de detección de fallas en tuberías*. 1–32.

Garcia-Guarin, J., Gómez, J., & Contrearas, D. (2019). Experimental study of pumps in a pipe bench. *Journal of Physics: Conference Series*, *1257*, 012003. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1257/1/012003

Gómez, G. G., Carreazo, D. E. M., & Camperos, J. A. G. (2015). DESARROLLO DE INSTRUMENTO VIRTUAL ENFOCADO EN LA ADQUISICIÓN DE DATOS PARA GENERAR PERFILES DE TEMPERATURA EN HORNOS. *Revista Ingenio UFPSO*, *8*(1), 47–58. Retrieved from http://revistas.ufpso.edu.co/index.php/ringenio/article/view/223/138

Hurtado Cortes, L. L., Villarreal-López, E., & Villarreal-López, L. (2016). Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial, un estado del arte. *Dyna*, *83*(199), 19. https://doi.org/10.15446/dyna.v83n199.55612

Kumar, K., Sen, N., Azid, S., & Mehta, U. (2017). A Fuzzy Decision in Smart Fire and Home Security System. *Procedia Computer Science*, *105*(December 2016), 93–98. https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.01.207

Ley Mendoza, M., Chacón Mondragón, O., & Vázquez Martínez, E. (2000). Control de voltaje de sistemas de potencia utilizando lógica difusa. *Ingenierías*, *3*(6), 36–45.

Mendonça, L. F., Sousa, J. M. C., & Sá da Costa, J. M. G. (2009). An architecture for fault detection and isolation based on fuzzy methods. *Expert Systems with Applications*, *36*(2 PART 1), 1092–1104. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.11.009

Priyanka, E. B., Maheswari, C., & Thangavel, S. (2018). Online Monitoring and Control of Flow rate in Oil Pipelines Transportation System by using PLC based Fuzzy-PID Controller. *Flow Measurement and Instrumentation*, *62*(October 2017), 144–151. https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2018.02.010

Quintero, D. A., Claro, H., Regino, F., & Gómez, J. A. (2019). Development of a data acquisition system using LabVIEW and Arduino microcontroller for a centrifugal pump test bench connected in series and parallel. *Journal of Physics: Conference Series*, *1257*, 012002. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1257/1/012002

Verde, C., Molina, L., y Carrera, R. (2011). Practical issues of leaks diagnosis in pipelines. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, *44*(1 PART 1), 12337–12342. https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.01688

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

Recebido/Submission: 16/09/2019
Aceitação/Acceptance: 29/11/2019

¿Barreras o contexto educativo? Diferentes factores que restringen en el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)

Carolina Tapia Cortes[1], Sergio Augusto Cardona Torres

Carolina.tapia.cortes@gmail.com, sergiocardona2000@gmail.com

[1] Universidad Anáhuac Puebla, Escuela de Humanidades, 72810, Puebla, México.

[2] Universidad del Quindío, Departamento de Ingeniería, Armenia, Colombia.

Pages: 291–307

Resumen: El objetivo de esta investigación es analizar las variables que restringen el uso de las TIC por parte de profesores en la universidad. La metodología de investigación fue de corte cuantitativo a través de la aplicación de un cuestionario en línea a 321 profesores de tres universidades públicas. Las variables que se analizaron fueron: edad, género, estado civil, nivel máximo de estudios, área de conocimiento, antigüedad en la universidad, tipo de contrato laboral, modalidad en la que imparte sus cursos y tiempo dedicado al uso de las TIC. Los resultados muestran que las variables que restringen y explican el uso de las TIC son: modalidad en la que imparte sus cursos, antigüedad en la universidad, área de conocimiento y tiempo dedicado al uso de TIC. Por lo anterior, se evidencia que el contexto educativo en el que se encuentra inmerso el profesor incide en el uso de las TIC.

Palabras-clave: Tecnologías de la Información y Comunicación; profesor; barreras; universidad

Barriers or educational context? Different factors that restrict the use of Information and Communication Technologies (ICT)

Abstract: The objective of this research is to analyze the variables that restrict the use of ICT by university teachers. The research methodology was quantitative and carried out by means of a survey of 328 university teachers of three public universities. The variables analyzed were: age, gender, marital status, level of studies, field of expertise of the teacher at the university, length of service at the university, type of work indenture, modality in which courses are given, and time spent using ICT. The results indicate that out of those variables, the ones which restrict and explain use of ICT by university teachers are: modality in which courses are given, seniority, field of expertise and time spent using ICT. By the afore mentioned it becomes evident that the educational context impacts the use of ICT.

Keywords*:* Information and Communication Technologies; teacher; barriers; university.

1. Introducción

El uso académico de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) por parte de profesores, se ha convertido en una tarea extremadamente compleja debido a factores que van desde el acceso y disponibilidad de estos recursos, hasta la falta de competencias digitales, pasando por las creencias y percepciones que se tienen en torno a la integración de estas tecnologías en la educación. Lo anterior se refleja en lo que (Mastafi, 2013) señala, cuando se refiere al proceso de integración de las TIC en el contexto educativo: "cependant, l'intégration des TIC en éducation est un processus complexe qui rencontre plusieurs obstacles même au sein des pays occidentaux. En effet, plusieurs études ont été faites dans le but d'identifier et de classer ces obstacles" (parr.7).

Desde esta perspectiva, la enseñanza se está transformando en una de las profesiones más difíciles en nuestra sociedad, en donde la rápida expansión del conocimiento y las TIC exigen a los profesores aprender a utilizar las tecnologías en la enseñanza. En este mismo sentido (Fox, 2007), señala que las presiones en relación con la incorporación de las TIC en la educación superior desde el exterior como al interior de la universidad van a seguir creciendo. Del mismo modo, en el Deuxième Forum Ministériel Africain sur l'intégration des technologies de l'information et de la communication (2016) se afirmó que es urgente acelerar la integración de las TIC en la educación con la finalidad de avanzar en el desarrollo de las competencias del siglo XXI.

En este contexto, son múltiples las investigaciones que han explorado los diferentes factores que restringen y explican el uso de las TIC por parte de profesores, las cuales se han enfocado en el análisis de factores asociados al profesor y a las instituciones.

En la última década el tema del impacto de las TIC en el ámbito educativo ha sido, y continúa siendo, un campo de investigación recurrente (Alderete & Formichella, 2016; Dwiono, Rochsantiningsih, & Suparno, 2018; Gómez, Contreras, & Gutiérrez, 2016; González & Pablos, 2015; Lawrence & Tar, 2018; Mirzajani, Mahmud, Fauzi, & Su, 2015; Torres, Duart, Gómez, Marín, & Segarra-Faggioni, 2016).

La literatura sobre los factores que restringen y explican el uso de las TIC por parte de profesores, argumenta factores asociados al profesor (Mirzajani, Mahmud, Fauzi, & Luan, 2015; Tapia, Navarro, & De la Serna, 2017). Asimismo, algunas investigaciones reportan la combinación de factores exógenos y endógenos relacionados con el profesor y la institución que inciden en el uso de las tecnologías (Alarcon, Tapia, Torres, & Barona, 2015; Drent & Meelissen, 2008; Musa, Mahmud, & Jalil, 2018).

Estos factores refieren posibles barreras en la utilización de las TIC, mismos que se asocian con el acceso y disponibilidad de TIC como primera limitante. En esta línea de investigación, sin embargo, se afirma que aún y cuando los profesores tienen los recursos tecnológicos, hacen un uso limitado de estas herramienta (Torres, Barona, & García, 2010). A su vez, se sostiene que existe una subutilización de ciertas tecnologías (Tapia, 2014).

De igual forma, las investigaciones se orientan a confirmar que pese a los esfuerzos que han hecho las instituciones por dotar de infraestructura tecnológica y aumentar la disponibilidad de TIC, los profesores orientan la utilización de TIC al aspecto instrumental, por tanto, el resultado de su integración es reducida (Cuban, Kirkpatrick, & Peck, 2001), y relativamente son pocos los profesores que integran las TIC en la enseñanza (Sang,

Valcke, Braak, & Tondeur, 2010). Sin embargo, a pesar de que se ha tenido un avance significativo en la disponibilidad y acceso a las TIC, (CEPAL, 2015) señala la importancia de seguir avanzando en disminuir la brecha de recursos tecnológicos (computadoras y conectividad).

Otras investigaciones revelan factores relacionados con aspectos sociodemográficos y nivel de formación educativa del profesor (edad, nivel estudios, género), las cuales afirman que la edad influye en el uso de las tecnologías, es decir, se confirma que a menor edad los profesores tienen un mayor uso de las TIC y viceversa (Zubieta, Bautista, & Quijano, 2012).

En los factores asociados a la formación de los profesores en TIC se identifican investigaciones que proponen diferentes posibilidades y desafíos en torno a la formación docente y desarrollo profesional en TIC, entre los cuales se encuentran: las diferentes iniciativas de gobiernos por lograr una exitosa integración de estas herramientas, una variedad de ambientes de entrenamiento orientados a proporcionar una formación más efectiva de las TIC, la construcción de redes académicas nacionales e internacionales que permitan compartir recursos, conocimientos y experiencias en el uso eficiente y eficaz las TIC y, finalmente, evaluar la efectividad o rentabilidad de los diferentes cursos de formación en TIC. Adicionalmente, se destaca la falta de formación en TIC como factor que limita el uso en la enseñanza (Goktas, Yildirim, & Yildirim, 2009).

Otro factor frecuente en el análisis de uso de TIC por parte de profesores y que cuenta con un número importante de investigaciones a lo largo de la última década es el de percepciones y actitudes hacia las TIC. Numerosos autores (Budiman, 2018; Morales, Trujillo, & Raso, 2015; Ortega, 2014; Payal & Kanvaria, 2018) señalan la correlación que tienen las percepciones y actitudes que presentan los profesores hacia las TIC, frente a su uso en contextos educativos. En ese sentido, se demuestra que a pesar de que un profesor tiene una percepción positiva de las TIC no hace uso de estas herramientas (Tapia, 2014). En esta misma dirección, surgen diferentes enfoques de análisis, uno de ellos tiene que ver con las ideas y concepciones previas que tienen los profesores sobre la utilidad educativa de estas tecnologías (Chou, Shen, Hsiao, & Shen, 2019; Ertmer, Ottenbreit-Leftwich, Sadik, Sendurur, & Sendurur, 2012; Muslem, Yusuf, & Juliana, 2018) . Dentro de esta línea de investigación se ha encontrado un interés por analizar la correlación entre el enfoque de enseñanza (tradicional y constructivista) que tiene el profesor y el uso de las TIC en el aula (Anderson, Groulx, & Maninger, 2012; Sang, Valcke, Braak, & Tondeur, 2010). Del mismo modo, se evidenció que la percepción del grado de facilidad de uso de una tecnología se considera como un predictor significativo en las intenciones de utilización de una tecnología en la enseñanza (Birch & Irvine, 2009).

Otra línea de investigación se orienta a la aceptación de las TIC, ésta explica que, a partir del proceso de infusión de una tecnología, un profesor introduce las TIC de manera comprensiva y profunda (Saga y Zmud, 1994). En esta misma dirección, (Zubieta et al., 2012) revelan que el limitado número y tipo de TIC, así como la baja frecuencia de uso de las tecnologías, por parte de profesores, se interpreta como un bajo nivel de aceptación tecnológica.

En este marco de análisis, es posible afirmar que existe una gran diversidad de factores endógenos y exógenos asociados con el profesor y la institución que restringen y explican el uso de las TIC.

Las investigaciones hasta ahora disponibles se han centrado principalmente en los factores endógenos y exógenos asociados con el profesor de forma aislada, dejando de lado la combinación de factores endógenos relacionados con el profesor y la institución (contexto educativo). Asimismo, existen pocos estudios en América Latina que analicen estos factores en universidades públicas.

En este sentido, esta investigación tiene como objetivo identificar y analizar los factores que restringen y explican el uso de las TIC asociados con la combinación de factores endógenos relacionados con el profesor y la institución. Por tanto, las variables que se analizaron con respecto al contexto educativo fueron: antigüedad en la universidad, tipo de contrato, tiempo dedicado al uso de las TIC y la modalidad de cursos impartidos.

De igual forma, se consideraron cuatro variables que de acuerdo con la literatura, han tenido incidencia en el uso de las TIC por parte de profesores (edad, género, estado civil, área de conocimiento de formación y nivel máximo de estudios).

Una visión de los factores mencionados en la revisión de literatura, se presenta en la tabla 1 y 2. En la tabla 3 se puede observar los factores endógenos asociados con el contexto de estudio.

Factores endógenos asociados con el profesor	**Factores endógenos asociados con la institución**
Autoeficacia en el uso de las TIC	*Antecedentes de innovación*
Actitud y percepción hacia las TIC	*Visión de la contribución de las TIC*
Miedo y resistencia al cambio	*Metas respecto a las políticas de integración de las TIC*
Falta de motivación	*Disponibilidad de infraestructura tecnológica*
Comunicación e interacción con profesores e instituciones en relación con las TIC	*Disponibilidad de soporte técnico*
Compromiso y emprendimiento profesional	*Liderazgo de la dirección*
Redes externas del profesor relacionadas con el uso de las TIC	*Existencia de recompensas o incentivos*
Conocimientos y competencias en el uso de las TIC	*Interacción y reflexión colegial*
Disponibilidad de tiempo para aprender, experimentar, reflexionar e interactuar con TIC	*Nivel de calidad y formación de los profesores*
	Sistema de formación en el uso de las TIC

Tabla 1 – Factores endógenos asociados con el profesor y la institución [adaptado de (Drent & Meelissen, 2008)]

Factores exógenos asociados con el profesor	**Factores exógenos asociados con la institución**
Edad	Soporte de la comunidad y de padres
Genero	Políticas Públicas para la integración de TIC
Área de conocimiento de formación	

Factores exógenos asociados con el profesor	Factores exógenos asociados con la institución
Experiencia con las TIC	
Metas profesionales en educación	
Nivel máximo de estudios	

Tabla 2 – Factores exógenos asociados con el profesor y la institución [adaptado de (Drent & Meelissen, 2008)]

Factores endógenos asociados con la interacción profesor - institución (contexto educativo)
Antigüedad en la institución
Tipo de contrato
Modalidad en la que imparte su curso
Tiempo dedicado para el uso de las TIC

Tabla 3 – Factores endógenos asociados con el contexto educativo

2. Método

La metodología fue de corte cuantitativo con alcance inferencial. La recopilación de la información se hizo a través de un cuestionario en línea. Se encuestaron de modo aleatorio simple a 328 profesores de tres universidades públicas de México.

2.1. Muestra

La distribución final de la muestra de profesores cuenta con 156 profesores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), 81 profesores de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y 84 profesores del Centro Universitario Costa Sur (CUCSUR) de la Universidad de Guadalajara (UDG). En la tabla 4 se presenta la caracterización de la muestra.

Variable	Porcentaje/media
Género	Hombre (50.45%) / Mujeres
Antigüedad	Media 10.16 años
Nivel máximo de estudios	1. Profesional Técnico (.61%) 2. Licenciatura (11.92%) 3. Especialidad (1.22%) 4. Maestría (55.65%) 5. Doctorado (28.44%) 6. Posdoctorado (2.14%)
Tipo de contrato	1. Determinado (43.82) 2. Indeterminado (56.17%)

Variable	Porcentaje/media
Tiempo dedicado al uso de TIC	1. Ninguna (2.7%) 2. De 1 a 10 horas (36.8%) 3. De 21 a 30 horas (17.7%) 4. Más de 30 horas (15.6%)
Área de conocimiento	1. Ciencias Naturales (9.6%) 2. Ingeniería y Tecnología (17.1%) 3. Ciencias Médicas y de la Salud (11.2%) 4. Ciencias Agrícolas (10.9%) 5. Ciencias Sociales (30.2%) 6. Humanidades (20.8)
Modalidad de impartición de cursos	1. Presencial (77.4%) 2. A distancia (11.7%) 3. Mixta (8.9%) 4. No imparte materias (1.9%)

Tabla 4 – Caracterización de la muestra con respecto a las variables de estudio

2.2. Instrumento

Como instrumento de recolección de información, se utilizó un cuestionario el cual consta de 79 ítems que evalúan la percepción, frecuencia de uso y disponibilidad de las TIC en cuatro dimensiones: 1) percepción de las TIC (diez ítems), 2) frecuencia de uso de las TIC (veintinueve ítems), evalúa la utilización de las TIC en actividades académicas, gestión y entrenamiento, 3) Frecuencia de uso de las TIC (diez y siete ítems), incluye información con relación a la utilización de las TIC asociadas con el hardware y 4) Disponibilidad de TIC (veintitrés ítems). En esta investigación únicamente se presentan los resultados de la segunda dimensión, la cual se contestó a través de una escala tipo Likert con cuatro opciones de respuesta, que van desde 1 (nunca) a 4 (siempre).

Se recabo información de tipo socio-demográfica, que incluyó las siguientes variables: edad, género, estado civil, nivel máximo de estudios, antigüedad en la universidad, tipo de contrato. También, se solicitó información general con respecto a tres variables: área de conocimiento, modalidad en la que imparte sus cursos y tiempo dedicado al uso de las TIC.

2.3. Procedimiento y análisis de datos

Para el análisis de los datos se siguieron los siguientes pasos: 1) se realizó un análisis factorial, a través del método de extracción de factores y rotación varimax para componentes principales. Mediante este análisis se identificaron nueve componentes o factores que explican el 62.44% de la varianza total observada. El primer factor, formado por 19 ítems, se denominó disponibilidad de TIC, ya que recoge información relacionada con el acceso que se tiene en la universidad para el uso de las tecnologías. El segundo factor, percepción del impacto de las tecnologías en el contexto educativo, está formado por 10 ítems. El tercer factor, uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje, formado por 6 ítems, recoge la utilización de tecnologías en espacios virtuales de aprendizaje.

El cuarto factor, uso de TIC para la comunicación- información, indaga la utilización de estas herramientas con el propósito de comunicarse y obtener información, está formado por 5 ítems. El factor cinco, uso de TIC para la gestión de actividades académicas,

examina el uso de estas herramientas con el objetivo de apoyar las diversas actividades que realizan los profesores como parte de su función en la universidad, está formado por 5 ítems. El factor seis, uso de TIC para el entretenimiento, revisa la utilización de las tecnologías con el objetivo de recreación o esparcimiento, está formado por 5 ítems.

El factor siete, uso académico de TIC, explora la utilización de TIC enfocadas a actividades académicas de los profesores, está conformado por 4 ítems. El factor ocho, uso de TIC para la investigación, examina el uso de las tecnologías para actividades enfocadas a la investigación, está formado por 2 ítems. Finalmente, el factor nueve, uso de TIC para descarga de software, indaga el uso de estas herramientas para la consulta y descarga de software de diversos usos, está formado por 2 ítems.

En esta investigación únicamente se presentan los resultados de los siguientes factores: a) uso en ambientes virtuales de aprendizaje (video conferencias, foros, laboratorios virtuales, portal de la universidad, blogs y plataformas); b) uso de TIC para la comunicación e información (sitios web generales, servicios de comunicación digital, redes sociales, suscripción a lista de correos, correo electrónico); c) uso académico de TIC (impartición de cursos de informática, evaluación docente, tutoría en línea y para la administración en la unidad académica) y d) uso de TIC para el entretenimiento (descarga de juegos, juego en la red, descarga de música y envío de cadenas).

1. Para garantizar estadísticamente la aplicación del análisis factorial, se verificó el índice KMO (Kaiser, Meyer y Olkin), el cual generó un valor de 0.843.
2. Se calculó el coeficiente alfa de Cronbach. La tabla 5 muestra los coeficientes Alfa de Cronbach para los cuatro factores analizados, se puede observar que los valores son aceptables.

Factores o componentes	**Alfa**	**Núm. Ítems**
Uso de TIC en ambientes virtiales	0.808	6
Uso de TIC para la comunicación e informació	0.745	5
Uso de TIC para el entretenimiento	0.733	4
Uso académico de TIC	0.841	4

Tabla 5 – Coeficiente Alfa de Cronbach

3. Se realizaron pruebas ANOVA y Prueba T, con base en las variables independientes; edad, género, estado civil, nivel máximo de estudios, área de conocimiento, antigüedad en la universidad, tipo de contrato, modalidad en la que imparte sus cursos y tiempo dedicado al uso de las TIC, y los factores obtenidos, a través del software SPSS v.20.

3. Resultados

3.1. Resultado factor uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje

La primera hipótesis que guío la investigación fue: "la edad, el nivel máximo de estudios, área de conocimiento, antigüedad, el tipo de contrato, la modalidad en la imparten cursos y el tiempo dedicado al uso de las TIC predice y explica el uso de las TIC relacionadas con ambientes virtuales de aprendizaje".

Con base en la prueba ANOVA, se realizó el contraste entre el factor uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje y las variables: antigüedad en la universidad, modalidad de cursos impartidos y tiempo dedicado al uso de TIC. Los resultados indicaron que el nivel de significancia para la variable antigüedad en la universidad fue de p-valor =0.031, para el caso de la variable modalidad de cursos impartidos el p-valor= .000 y para la variable, tiempo dedicado al uso de TIC se obtuvo un p-valor= .000, por tanto, se puede afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa entre el factor y las variables antes mencionadas (ver tabla 6).

Factor	Hipótesis	Prueba estadística	Resultado
Uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje	H1D. La antigüedad en el uso de las TIC en ambientes virtuales	Prueba ANOVA	Significativa (0.031)
Uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje	H1F. La modalidad en que imparte cursos incide en el uso de las TIC en ambientes virtuales	Prueba ANOVA	Significativa (0.000)

Tabla 6 – Pruebas de hipótesis para el factor uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje

En la tabla 7 se presentan los valores de las medias de cada una de las agrupaciones con base en los intervalos de años de antigüedad, se puede observar que los profesores que tienen una antigüedad de entre 4 y 6 años son los que utilizan en mayor medida las TIC relacionadas con ambientes virtuales de aprendizaje (2.47), seguido de los profesores que tiene más de 10 años (2.27). Por el contrario, se observa que los profesores que tienen una antigüedad entre: menos de un 1- 3 años y 7-10 años hacen menos uso este tipo de TIC. Al revisar las características de los profesores que hacen mayor uso de estas herramientas, se observa que son profesores de la BUAP y de la CUCSUR-UdG. Asimismo, este resultado podría determinar una relación importante entre el avance que ha tenido la modalidad a distancia en ambas universidades y el uso de las TIC por parte de profesores, relación que posiblemente no se tiene en la UAEM.

Factor	Media- años de antigüedad
Uso de TIC en ambientes virtules	Menos de un año (2.11) 1 – 3 años (2.14) 4-6 años (2.47) 7-10 años (2.08) Más de 10 años (2.27)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 7 – Diferencia de medias entre el factor uso de TIC en ambientes virtuales y la variable antigüedad en la universidad

En la tabla 8 se presentan los valores de las medias respecto a la modalidad de cursos impartidos, se observa que los profesores que no imparten materias al momento de la aplicación del instrumento (2.86) y que imparten cursos en la modalidad a distancia (2.71) son los que utilizan en mayor medida las TIC relacionas con ambientes virtuales de aprendizaje. En contraste, se observa que los profesores que hacen un menor uso de este tipo de herramientas son los profesores que imparten materias en modalidad mixta (2.19) y en modalidad presencial (2.17). El análisis de las características respecto a la diversidad de herramientas tecnológicas que puede utilizar un profesor que imparte cursos en la modalidad a distancia apunta a evidenciar que la experiencia en este tipo de modalidades puede favorecer el uso de estas herramientas. Este resultado, confirma que la variable modalidad de cursos impartidos predice y explica el uso de este tipo de herramientas.

Factor	Media modalidad de cursos impartidos
Uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje	Presencial (2.17) A distancia (2.71) Mixta (2.19) No imparte de materias (2.86)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 8 – Diferencia de medias entre el factor uso de TIC en ambientes virtuales y la variable modalidad de cursos impartidos

En la tabla 9 se presentan los valores de las medias en relación al tiempo de uso de las TIC, los cuales permiten afirmar que los profesores que dedican entre 11 y más de 30 horas semanales, siempre están utilizando las TIC asociadas a ambientes virtuales de aprendizaje. En cambio, los profesores que destinan entre 1 a 10 horas semanales, algunas veces hacen uso de estas herramientas. Este resultado explica cómo el tiempo que invierte un profesor en el uso de TIC podría ser un predictor para el uso de TIC relacionadas con ambientes virtuales de aprendizaje.

Factor	Media tiempo de uso de las TIC
Uso de TIC en ambientes virtuales de aprendizaje	Ninguna (1.58) 1 a 10 horas (2.71) 11 a 20 horas (2.45) 21 a 30 horas (2.41) Más de 30 horas (2.52)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 9 – Diferencia de medias entre el factor uso de TIC en ambientes virtuales y la variable tiempo que dedica al uso de TIC

3.2. Resultado factor uso de TIC para la comunicación e información

La segunda hipótesis que guío la investigación fue: "la edad, el nivel máximo de estudios, área de conocimiento, antigüedad, el tipo de contrato, la modalidad en la imparten cursos y el tiempo dedicado al uso de las TIC predice y explica el uso de las TIC asociadas con la comunicación e información".

El análisis de la prueba ANOVA entre el factor uso de TIC para la comunicación e información y las variables: tiempo dedicado al uso de las TIC (agrupado en cuatros intervalos) y modalidad de cursos impartidos, muestra un p-valor=0.020 y p-valor= 0.000 respectivamente, por tanto, se puede afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa entre estas variables con relación al factor (ver tabla 10).

Factor	Hipótesis	Prueba estadística	Resultado
Uso de TIC para la comunicación e información	H2a. La modalidad incide en el uso de las TIC para comunicación e información	Prueba ANOVA	Significativa (0.020)
Uso de TIC para la comunicación e información	H2b. El tiempo de uso de las tecnologías incide en el uso de las TIC para la comunicación e información	Prueba ANOVA	Significativa (0.000)

Tabla 10 – Pruebas de hipótesis para el factor uso de TIC para la comunicación e información

El contraste de medias de la tabla 11 muestra que los profesores que imparten cursos en la modalidad a distancia utilizan en mayor medida las TIC relacionadas con la comunicación e información. Por el contrario, los profesores que imparten cursos en modalidad presencial, mixta y que no están impartiendo materias al momento de aplicar el instrumento utilizan en menor medida estas herramientas. Con base en este resultado, es posible confirmar que los profesores que hacen un menor uso de las TIC asociadas con la comunicación e información son los que se encuentran impartiendo cursos en modalidad presencial y mixta.

Factor	Media modalidad de cursos impartidos
Uso de TIC para la comunicación e información	Presencial (2.86) A distancia (3.21) Mixta (2.81) No imparte materias (2.89)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 11 – Diferencia de medias entre el factor uso de TIC para la comunicación e información y la variable modalidad de cursos impartidos

En la tabla 12 se presentan los valores de las medias en relación al tiempo de uso de las TIC, los resultados permiten afirmar que los profesores que dedican entre 11 y más de 30 horas semanales, siempre están utilizando las TIC relacionadas con comunicación- información. Lo cual puede considerarse como la aceptación de una tecnología por parte de los profesores, según (Zubieta et al., 2012). En cambio, los profesores que destinan entre 1 a 10 horas semanales, algunas veces hacen uso de estas herramientas.

Factor	Media tiempo de uso de las TIC
Uso de TIC para la comunicación e información	Ninguna (2.11) 1 a 10 horas (2.70 11 a 20 horas (3.09) 21 a 30 horas (2.97)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 12 – Diferencia de medias entre el factor uso de TIC para la comunicación e información y la variable tiempo que dedica semanalmente al uso de TIC

3.3. Resultado factor uso académico

La tercera hipótesis que guío la investigación fue: "la edad, el nivel máximo de estudios, área de conocimiento, antigüedad, el tipo de contrato, la modalidad en la imparten cursos y el tiempo dedicado al uso de las TIC predice y explica el uso académico de las TIC".

El análisis paramétrico con base en la prueba ANOVA, permitió realizar contrastes entre el factor uso-académico y las variables: modalidad de cursos impartidos (agrupado en cuatro intervalos) y área de conocimiento (agrupado en seis intervalos). El resultado de las pruebas, muestra que estas variables para las diferentes agrupaciones, obtuvieron un p-valor=0.016 y p-valor= .009 respectivamente (ver tabla 13).

Factor	Hipótesis	Prueba estadística	Resultado
Uso académico de TIC	H3a. El área de conocimiento incide en el uso académico de las TIC	Prueba ANOVA	Significativa (0.009)
Uso académco de TIC	H3b. La modalidad en la que imparte sus cursos incide en el uso académico de las TIC	Prueba ANOVA	Significativa (0.016)

Tabla 13 – Pruebas de hipótesis para el factor uso de TIC para la comunicación e información

El contraste de medias que se muestra en la tabla 14 indica que los profesores que no imparten cursos al momento de aplicar el instrumento son los que constantemente están utilizando las TIC asociadas con diversas actividades académicas. En contraste, los profesores que imparten materias en la modalidad presencial, a distancia y mixta, utilizan a veces estas herramientas. Este resultado podría explicarse a partir de las actividades que realiza un profesor que no está impartiendo materias, y que pueden estar relacionadas con funciones de tutoría, administración en la unidad académica, evaluación de docentes e impartición de cursos de informática. Esto supone la relación de uso de las TIC por parte del profesor con las tareas propias de la exigencia del contexto educativo.

Factor	Media modalidad de cursos impartidos
Uso académico de TIC	Presencial (2.67) A distancia (2.64) Mixta (2.85) No imparte materias (3.39)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 14 – Diferencia de medias entre el factor uso académico de TIC y la variable modalidad de cursos impartidos

El contraste de medias que se observa en la tabla 15 evidencia que los profesores del área de Ciencias Médicas y de la Salud, son los que constantemente están utilizando las TIC relacionadas con actividades académicas, seguido de los profesores de las áreas de Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología, Ciencias Sociales y Humanidades. En oposición, se encuentran los profesores del área de Ciencias Agrícolas. Este resultado revela que la variable área de conocimiento marca una diferencia en el uso de TIC asociadas con actividades académicas.

Factor	Media área de conocimiento
Uso académico de TIC	Ciencias Médicas y de la Salud (3.21) Humanidades (2.83) Ingeniería y Tecnología (2.75) Ciencias Naturales (2.67)

Escala: 1 nunca, 2 a veces, 3 constantemente, 4 siempre

Tabla 15 – Diferencias de medias entre el factor uso académico de TIC y la variable área de conocimiento

4. Conclusiones

Las prácticas de enseñanza con TIC por parte de los profesores imponen uno de los desafíos más urgentes en las universidades. En este desafío el profesor como principal actor educativo tiene un papel central, al generar nuevas formas de enseñar que con lleven la innovación en las experiencias de aprendizaje, a partir de asumir las ventajas que promueven la utilización de estas herramientas. Esta óptica permitirá, transitar del paradigma que refiere a las tecnologías como promotoras de cambios, al cambio en las metodologías de enseñanza y pedagogía con base en definir y adaptar a las TIC como medio y no como fin.

Los esfuerzos de los diferentes países e instituciones por incorporar las TIC en el sistema educativo ha sido una constante en los últimos años, sin embargo, pocos han sido los resultados y evidencias de estas herramientas como generadoras de cambio en el aprendizaje de los estudiantes. Algunas de las posibles causas de esto, se discuten a continuación.

En cuanto a las variables que restringen y explican el uso de las TIC, los resultados revelan cuatro posibles variables: antigüedad en la universidad, área de conocimiento, modalidad de cursos impartidos y tiempo dedicado al uso de TIC. A luz del análisis de

este resultado, es posible afirma que los factores endógenos asociados con el contexto educativo, son factores que restringe y explican el uso de TIC asociadas principalmente a ambientes virtuales de aprendizaje (Videoconferencias, foros, laboratorios virtuales, portal de la universidad, blogs y plataformas); comunicación e información (sitios web generales, servicios de comunicación digital, redes sociales, suscripción a lista de correos, correo electrónico) y uso académico (impartición de cursos de informática, evaluación docente, tutoría en línea y para funciones de administración en la unidad académica).

Este resultado plantea, a primera vista, que la modalidad a distancia es un predictor importante en el uso de TIC. Este hallazgo, constituye una coyuntura en los diversos factores que explican el uso de las tecnologías a partir de la combinación de factores exógenos y endógenos relacionados con el profesor y la institución. Al mismo tiempo, la variable tiempo de uso de las TIC resulta ser un punto de partida para estimular la utilización de las tecnologías y a su vez, permite la experimentación, aceptación y apropiación de ciertas herramientas asociadas a comunicación-información y ambientes virtuales de aprendizaje. Además, los hallazgos en este estudio mostraron que la edad no fue una variable o factor significativo en el uso de las TIC. Este hallazgo, difiere de (Tapia, 2014; Zubieta et al., 2012), quienes sostienen la edad es factor que incide en el uso de las TIC.

En lo referente al factor uso de TIC para el entretenimiento no se encontraron variables que marquen diferencias significativas entre el grupo de profesores de las tres universidades públicas.

Al contrastar los resultados de esta investigación con el modelo propuesto por (Drent & Meelissen, 2008) respecto a los posibles factores de incidencia en el uso de las TIC, se muestra que los datos son consistentes en relación a los factores asociados con el profesor, sin embargo, la presente investigación, pone de manifiesto que los factores endógenos asociados con el contexto educativo restringe y explican la utilización de las TIC. En este sentido, a fin de identificar todos los posibles factores, es necesario realizar estudios que integren el mayor número de factores endógenos y exógenos asociados con el profesor, la institución y el contexto educativo. A su vez, una aproximación a partir del enfoque cualitativo permitirá, siguiendo a (Cohen, Manion, & Morrison, 2013), la construcción y reconstrucción de la utilización de las TIC en el ámbito académico desde de la vida cotidiana de los profesores, comenzando con la interpretación que ellos mismos construyen. Del mismo modo, facilitará el conocimiento de su visión holística en relación a la integración de las TIC en la universidad.

En suma, este estudio plantea nuevos supuestos en torno a los diferentes mecanismos o estrategias que se pueden implementar en las instituciones para la incorporación de TIC en el proceso enseñanza-aprendizaje. En primer lugar, es la inmersión de los profesores en experiencias que promuevan el uso de las TIC a partir de la experimentación y frecuencia de uso, como es el caso de la modalidad a distancia o virtual. Esta posibilidad se puede integrar como parte de la formación en uso de las TIC, ya que este tipo de modalidad impone el reto de utilizar cierto número de tecnologías.

En segundo lugar, la implementación de sistemas de formación en el uso de las TIC que integre: a) diagnóstico de profesores con respecto a la utilización de las TIC en el proceso enseñanza y aprendizaje, considerando el contexto de su práctica docente b) diversidad

de modos de formación, b) seguimiento y acompañamiento personalizado a largo plazo, considerando que el proceso de apropiación de las TIC necesita tiempo para aprender, experimentar, reflexionar e interactuar con las tecnologías, c) medición de la efectividad de los modos de formación en el uso de las TIC, d) plantear niveles de formación que agrupe desde el nivel básico hasta el nivel experto.

De igual forma, es importante desarrollar políticas públicas e institucionales que ofrezcan incentivos o recompensas para promover el uso de las TIC por parte de profesores.

Asimismo, son necesario más estudios empíricos que comparen los diferentes contextos educativos de utilización de las TIC por parte de profesores, centrados en la combinación de factores endógenos asociados con el profesor y la institución.

Finalmente, se requieren más investigaciones que analicen buenas prácticas en los sistemas de formación que promueven el uso de las TIC en el proceso enseñanza y aprendizaje. Dado el vertiginoso progreso de las tecnologías, se espera que la integración de las TIC en el ámbito educativo obligue a diversificar los sistemas de formación en el uso de las tecnologías, así como políticas que comprendan el contexto de cada institución, con base en cada factor de incidencia de utilización de las TIC por parte de profesores.

Referencias

Alarcon, T., Tapia, C., Torres, A. S., & Barona, C. (2015). El profesorado universitario y la percepción de la disponibilidad de las TIC . Estudio comparativo : el caso UAEM-BUAP. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, *29*(10), 211–233. Retrieved from http://www.revistacts.net/volumen-10-numero-29/303-articulos/679-el-profesorado-universitario-y-la-percepcion-de-la-disponibilidad-de-las-tic-estudio-comparativo-el-caso-uaem-buap

Alderete, M. V., & Formichella, M. M. (2016). Efecto de las TIC en el rendimiento educativo: El Programa Conectar Igualdad en la Argentina. *Cepal Review*, *2016*(119), 89–107. Retrieved from https://www.cepal.org/es/publicaciones/40404-efecto-tic-rendimiento-educativo-programa-conectar-igualdad-la-argentina

Anderson, S. ., Groulx, J. ., & Maninger, R. M. (2012). Relationships among Preservice Teachers' Technology-Related Abilities, Beliefs, and Intentions to Use Technology in Their Future Classrooms. *Journal of Educational Computing Research*, *45*(3), 321–338. https://doi.org/10.2190/EC.45.3.d

Birch, a., & Irvine, V. (2009). Preservice teachers' acceptance of ICT integration in the classroom: applying the UTAUT model. *Educational Media International*, *46*(4), 295–315. https://doi.org/10.1080/09523980903387506

Budiman, A. (2018). The Asian EFL Journal April 2018. *The Asian EFL Journal*, *20*(11), 243–249. Retrieved from https://www.asian-efl-journal.com/wp-content/uploads/AEFLJ-Volume-20-Issue-4-April-2018-1.pdf

CEPAL. (2015). *La nueva revolución digital*. Mexico, D.F.

Chou, C., Shen, C., Hsiao, H., & Shen, T. (2019). Factors influencing teachers' innovative teaching behaviour with information and communication technology (ICT): the mediator role of organisational innovation climate. *Educational Psychology*, *39*(1), 65–85. https://doi.org/10.1080/01443410.2018.1520201

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. (Routledge, Ed.), *Research Methods in Education* (Sixth edit). USA and Canadá. Retrieved from http://gtu.ge/AgroLib/RESEARCH%20METHOD%20COHEN%20ok.pdf

Cuban, L., Kirkpatrick, H., & Peck, C. (2001). High access and low use of technologies in high school classrooms: Explaining an apparent paradox. *American Educational Research Journal*, *38*(4), 813–834. https://doi.org/doi:10.3102/00028312038004813

Drent, M., & Meelissen, M. (2008). Which factors obstruct or stimulate teacher educators to use ICT innovatively? *Computers and Education*, *51*(1), 187–199. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.001

Dwiono, R., Rochsantiningsih, D., & Suparno, S. (2018). The Teacher ' s Problems on Integrating Information and Communication Technology (ICT) in the English Language Teaching. *International Summit on Science Technology and Humanity*, *1*, 1–8. Retrieved from http://conf.ums.ac.id/index.php/iseth/article/view/2

Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. T., Sadik, O., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2012). Teacher beliefs and technology integration practices: A critical relationship. *Computers and Education*, *59*(2), 423–435. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.02.001

Fox, B. (2007). Teaching through Technology. *Australian Senior Mathematics Journal*. Retrieved from https://www.learntechlib.org/primary/p/19810/

Goktas, Y., Yildirim, S., & Yildirim, Z. (2009). Main Barriers and Possible Enablers of ICTs Integration into Pre-service Teacher Education Programs, *12*, 193–204. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/a38f/72dfc2d05b01d4216464bcb9b5253bba46b1.pdf

Gómez, M. E., Contreras, L., & Gutiérrez, D. (2016). El impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en estudiantes de ciencias El impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en estudiantes de ciencias sociales: un estudio comparativo de dos y la comunicación en estudian. *Innovación Educativa*, *16*(71), 61–80. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732016000200061

González, A., & Pablos, J. De. (2015). Factores que dificultan la integración de las TIC en las aulas Factors that hamper ICT integration at classroom. *Revista de Investigación Educativa*, *33*(2), 401–417. https://doi.org/10.6018/rie.33.2.198161

Lawrence, J., & Tar, U. (2018). Factors that influence teachers' adoption and integration of ICT in teaching/learning process. *Educational Media International*, *55*(1), 79–105. https://doi.org/10.1080/09523987.2018.1439712

Le deuxième Forum ministériel africain sur l'intégration des technologies de l'information et de la communication. (2016). Foro africa.

Mastafi, M. (2013). Intégration et usages des TIC dans le système éducatif marocain : Attitudes des enseignants de l'enseignement primaire et secondaire. *Adjectif.Net*. Retrieved from http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article228

Mirzajani, H., Mahmud, R., Fauzi, A., & Luan, S. (2015). Teachers' acceptance of ICT and its integration in the classroom. *Quality Assurance in Education*, *14*(1), 251–267. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/QAE-11-2012-0046

Mirzajani, H., Mahmud, R., Fauzi, A., & Su, W. (2015). A Review of Research Literature on Obstacles that Prevent Use of ICT in Pre-Service Teachers' Educational Courses. *International Journal of Education and Literacy Studies*, *3*(2). https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.3n.2p.25

Morales, M., Trujillo, J. ., & Raso, F. (2015). Percepciones acerca de la integración de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la universidad. *Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación*, (46), 103–117. https://doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.07

Musa, U., Mahmud, R., & Jalil, H. A. (2018). A Review of Obstacles of ICT Usage in Nigerian Tertiary Educational Institutions. *International Journal of Human Resource Studies*, *8*(4), 169. https://doi.org/10.5296/ijhrs.v8i4.13831

Muslem, A., Yusuf, Y., & Juliana, R. (2018). Perceptions and Barriers To Ict Use Among English Teachers in Indonesia. *Teaching English with Technology*, *18*(1), 3–23. Retrieved from https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1170638.pdf

Ortega, P. R. (2014). Representaciones sobre el cambio en el uso de las TIC. Relatos de vida de profesores. *Revista Iberoamericana de Educación*. Retrieved from https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4925938&info=resumen&idioma=ENG

Payal, & Kanvaria, K. (2018). Learning with ICT: use & barriers from teachers' perceptions. *International Journal of Recent Scientific Research*, *9*(1), 23545–23548. https://doi.org/10.24327/IJRSR

Sang, G., Valcke, M., Braak, J., & Tondeur, J. (2010). Student teachers' thinking processes and ICT integration: Predictors of prospective teaching behaviors with educational technology. *Computers and Education*, *54*(1), 103–112. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.07.010

Tapia, C. (2014). *Infraestructura tecnológica, percepción y uso de las TIC en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Estudio de caso*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Tapia, C., Navarro, Y., & De la Serna, A. (2017). El uso de las TIC en las prácticas académicas de los profesores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Use of ICT in Teachers ' Academic Practices in the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *REDIE*, *19*(3), 115–152. Retrieved from file:///C:/Users/carolina.tapiaco/Downloads/1270-12992-1-PB%20(3).pdf

Torres, A. S., Barona, C., & García, O. (2010). Infraestructura tecnológica y apropiación de las TIC en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. *Perfiles Educativos*, *XXXII*(127), 105–127. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982010000100006

Torres, J. C., Duart, J. M., Gómez, H., Marín, I., & Segarra-faggioni, V. (2016). Usos de Internet y éxito académico en estudiantes universitarios. *Comunicar*, *48*(XXIV), 61–70. Retrieved from https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=48&articulo=48-2016-06

UNESCO. (2013). *Oficina de Santiago Oficina de Santiago*. *Enfoque Estratégico Sobre TICS En Educación En América Latina Y El Caribe*. Santiago de Chile. Retrieved from http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/images/ticsesp.pdf

Zubieta, J., Bautista, T., & Quijano, A. (2012). *Aceptación de las TIC en la docencia*. (Porrúa, Ed.). México: Universidad Autónma de México.

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

Recebido/Submission: 27/07/2019
Aceitação/Acceptance: 31/10/2019

Modelo de costeo basado en tiempo invertido por actividad para servicios tecnológicos en Instituciones de Educación Superior: Un estudio de caso

Rosana Valdivieso-Donoso[1], Fabián Ayabaca[2], Lorena Siguenza-Guzman[3]

rosana.valdivieso@ucuenca.edu.ec, fabian.ayabaca@ucuenca.edu.ec, lorena.siguenza@ucuenca.edu.ec

[1] Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Cuenca, Av. 12 de abril y Av. Loja, 01.01.168, Cuenca, Ecuador.

[2] Grupo de Investigación de Contabilidad y Auditoría, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Cuenca, Av. 12 de abril y Av. Loja, 01.01.168, Cuenca, Ecuador.

[3] Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Av. 12 de abril y Av. Loja, 01.01.168, Cuenca, Ecuador.

Pages: 308–321

Resumen: El método de costeo basado en tiempo invertido por actividad, TDABC, es una técnica utilizada generalmente en el sector de la producción que se ha adaptado al entorno de servicios, tales como el área de la salud y bibliotecas. Sin embargo, su aplicación en servicios tecnológicos ha sido muy poco explorada. Este trabajo propone un modelo de costos basado en el tiempo invertido por actividad para servicios tecnológicos en Instituciones de Educación Superior, tomando como caso de estudio una universidad pública en el Ecuador. Donde, los costos de los recursos y el tiempo de cada actividad y servicio fueron utilizados para estimar los costos por minuto y totales de los servicios tecnológicos. Los hallazgos resaltan la importancia de conocer los costos relacionados a la prestación de servicios tecnológicos ya que permiten una mejor gestión financiera y constituyen un aporte en el área de tecnologías de la información.

Palabras-clave: TDABC; servicios; TI; TIC; costeo.

Costing model based on time invested by activity for technological services in Higher Education Institutions: A case study

Abstract: The Time-Driven Activity-Based Costing, TDABC, is a technique generally used in the production sector that has been adapted to the service setting, such as the health sector and libraries. However, its application in technological services has been little explored. This paper proposes a cost model based on the time-driven activity-based for technological services in Higher Education Institutions, using as a case of study a public university in Ecuador. Where, the resource costs and time of each activity and service were utilized to estimate the costs, per minute and totals of each technological service. The findings highlight

the importance of knowing the provision of technological services costs since they allow better financial management and constitute a contribution to the information technology area.

Keywords: TDABC; services; ICT; IT; costing.

1. Introducción

Las Tecnologías de la Información y Comunicación, TIC, toman cada vez más importancia, sobre todo como apoyo a la provisión de educación. En las Instituciones de Educación Superior, IES, éstas contribuyen con el mejoramiento de la calidad académica y administrativa a través de servicios que dan soporte a los usuarios de los sistemas e infraestructura tecnológica. Sin embargo, según Rodrigues de Andrade (2014), para las organizaciones es difícil entender y calcular los costos de los servicios tecnológicos con precisión, facilidad y bajo costo.

Los sistemas de costeo son utilizados en estrategias de contabilidad en muchas industrias tanto manufactureras como no manufactureras para determinar los costos de los productos y servicios, esto con el objetivo de crear información necesaria para la toma de decisiones a corto y largo plazo. Los modelos de costeo tradicionales son el de absorción y el variable (Horngren, Datar, & Rajan, 2012). En el costeo por absorción, los costos fijos y variables directos se asignan a los productos o servicios. En el método variable, los costos variables directos e indirectos forman parte del costo y todos los costos fijos se consideran gastos del periodo.

Como alternativa a los métodos tradicionales, nace el costeo basado en actividades o ABC (por sus siglas en inglés, Activity-Based Costing). Este sistema de costeo se enfoca en las actividades individuales como la base para asignar costos donde se atribuyen en función de un parámetro llamado controlador de costo, como, por ejemplo, horas máquina, mano de obra directa y volumen de producción. Este controlador de costo permite prorratear el uso de recursos de esa actividad. ABC permite calcular los costos de manera más precisa y brindar información para una mejor toma de decisiones (Cooper & Kaplan, 1991). Sin embargo, en el modelo ABC se identificaron problemas en su aplicación al no ser flexible en el caso de circunstancias cambiantes, requerir mucho tiempo y resultar costoso.

Para mejorar el modelo ABC, Kaplan y Anderson (2007) desarrollaron el costeo basado en el tiempo invertido por actividad o TDABC (por sus siglas en inglés, Time-Driven Activity-Based Costing). TDABC usa el tiempo como controlador para dirigir los costos de los recursos, utilizando ecuaciones de tiempo que permiten medir actividades complejas, conocer el uso de la capacidad de los procesos y los recursos asignados a las actividades por área. De acuerdo con Kaplan y Anderson (2007), la ecuación para el tiempo por proceso es igual a la suma de los tiempos individuales de las actividades. TDABC, para su aplicación, requiere de dos parámetros: 1) el costo por unidad de tiempo de un recurso, que se puede calcular a partir de los gastos totales relacionados con ese recurso particular dividido por su capacidad y; 2) tiempo requerido para realizar una tarea determinada. Para la aplicación de TDABC, Everaert et al. (2008, p.175) proponen el uso de los siguientes seis pasos: 1) identificar los diversos grupos de

recursos; 2) estimar el costo total de cada grupo de recursos; 3) estimar su capacidad práctica; 4) calcular el costo unitario de cada grupo de recursos dividiendo su costo total por la capacidad práctica; 5) determinar la estimación de tiempo para cada evento, en función de la ecuación de tiempo para la actividad y las características del evento; y, 6) multiplicar el costo unitario de cada grupo de recursos por el tiempo estimado para el evento. Utilizando el método de costeo TDABC se puede estimar los costos de forma precisa y oportuna, y tener información que permita una gestión financiera adecuada de procesos y servicios (Siguenza-Guzman et al., 2013).

En este trabajo se analizan las actividades, tiempos y recursos que intervienen en la provisión de los servicios tecnológicos en las IES para determinar su costo mediante el modelo de costeo TDABC. Para esto, se ha tomado como caso de estudio los servicios de la Coordinación de Redes de la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de una universidad pública en el Ecuador.

2. TDABC en el sector de servicios

Existen varios estudios que reportan el uso de TDABC en el sector de servicios. Por ejemplo, Szychta (2010) realizó un análisis de ABC y TDABC aplicado en el departamento de servicio al cliente de una compañía y concluyó que TDABC es más adecuado para su aplicación en esta industria, por cuanto utiliza el tiempo como la medida principal de la capacidad operativa de los procesos y la duración de las actividades en una empresa.

En la literatura se reportan, además, estudios sobre la aplicación de TDABC en otros sectores de servicios como bibliotecas, hoteles y el área de salud. Por ejemplo, Stouthuysen et al. (2010) aplican TDABC al proceso de adquisición de libros. En este caso, los autores demuestran como TDABC permite analizar claramente las actividades y el tiempo que demandan, así como ajustarse a los cambios del entorno. Siguenza-Guzman et al. (2014) utilizaron TDABC para obtener el costo de los procesos de catalogación de una biblioteca. En este trabajo, los autores concluyen que este sistema de costeo es beneficioso para determinar las actividades que demandan más tiempo y costo. Además, Hajiha y Alishah (2011) utilizaron TDABC para incrementar la productividad y mejorar los procesos de servicios en hoteles.

En el sector de la salud, existen varios estudios que se han realizado con el método TDABC para determinar los costos de atención a los pacientes en diferentes áreas de hospitales y clínicas. De acuerdo con Jalalabadi et al. (2018), quienes analizaron TDABC en el área de la salud, este método permite descubrir ineficiencias y establecer una estructura de costos. Koehler et al. (2019providers must thoroughly understand cost drivers. Time-driven activity-based costing (TDABC) lograron definir el costo detallado del ciclo de atención de un paciente en un centro médico académico. Ippolito et al. (2016) aplicaron TDABC para establecer sistemas de tarifa de servicios, recogiendo las complejidades como tarifas diferenciadas y la facilidad de actualizarlo. Öker y Özyapici (2013) implementaron este método para la administración de costos y fijación de precios en el área de cirugía general en un Hospital. Demeere, Stouthuysen y Roodhooft (2009), quienes analizaron departamentos de consulta médica externa, determinaron que TDABC brinda información para realizar mejoras operativas, analizar la rentabilidad y decidir sobre futuras inversiones.

En el caso de servicios tecnológicos, por ejemplo, Tse (2014) indica que TDABC es beneficioso en organizaciones de comercio electrónico, ya que los métodos tradicionales de costeo no se ajustan a la naturaleza de los costos de tecnologías de la información. Por otro lado, Adeoti y Valverde (2013) efectuaron un caso de estudio en una organización que provee servicios de tecnologías de la información (TI) en el cual analizaron los servicios de conectividad de internet, host y soporte. Los autores afirman que TDABC ha sido aplicado más al entorno de fábrica y a la elaboración de productos que al sector de servicios donde no se produce ningún resultado tangible. Esto debido a que, en los métodos contables tradicionales, el costo de las actividades que contribuyen a proporcionar un servicio se suele considerar como gastos generales. Otro caso de estudio fue realizado por Rodrigues (2014) en un Departamento de Servicios Técnicos para generar plantillas para calcular costos de los servicios de TI, para lo cual estudiaron los procesos de gestión de incidentes y menciona que TDABC demostró ser un método ágil para los departamentos de TI y señala que existe una distancia entre la investigación y la aplicación práctica en organizaciones reales.

3. Materiales y métodos

El presente estudio fue diseñado para desarrollar un modelo de costos basado en TDABC para servicios tecnológicos en IES. Para esto, la investigación presenta un enfoque inductivo a través de un estudio de caso, de corte transversal simple. Utilizando la observación como principal herramienta de recolección de datos.

El caso de estudio se lo realiza en la Coordinación de Redes y Comunicación de la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación, DTIC, de una universidad pública ecuatoriana. Actualmente, esta Coordinación no conoce directamente los costos de sus servicios tecnológicos; esto podría deberse a que, a pesar de su importancia para el funcionamiento de la institución, existe una ausencia de revelación de información referente al costo por actividades. Sin embargo, al ser un rubro importante para la provisión de educación, se requiere un costo real de estos servicios. Según lo que establece la Normativa de Contabilidad Gubernamental del Ecuador (Ministerio de Finanzas, 2016) publicada en el Acuerdo 067, las entidades del sector público deben generar información de costos que permitan mejorar la gestión. Donde, los métodos contemplados para la asignación de costos son: por absorción, directo o variable, por actividad y total.

Los servicios analizados dentro del caso de estudio fueron tres: Internet, telefonía y servidor virtual. El servicio de internet brinda a los estudiantes, docentes y personal administrativo el acceso a la red de internet. El servicio de telefonía permite la conexión mediante telefonía IP interna y externa. Y, el servicio de servidor virtual genera particiones independientes del servidor con el fin de tener servidores dedicados para diferentes usos. Para la provisión de estos servicios, en el levantamiento de procesos, se obtuvieron a su vez, cuatro microservicios: gestión de equipos, autenticación, DNS, seguridad y conectividad. El microservicio de gestión de equipos es un insumo para los demás microservicios y para los servicios de telefonía y servidor virtual. Cada microservicio se compone de actividades que corresponden a la configuración inicial, operación e intervención (Ribadeneira et al., 2019).

Para la aplicación del costeo TDABC, se consideraron los seis pasos propuestos por Everaert et al. (2008, p.175) que fueron mencionados en la Sección 1. Por lo tanto, como

primer paso, se determinaron los recursos utilizados en el área de Redes y Comunicación de la DTIC, basados en los procesos que se realizan para la provisión de servicios, como son: la mano de obra directa e indirecta y los costos indirectos, dentro de los cuales se encuentran la depreciación y amortización de los equipos, mantenimiento y soporte, servicios externos, servicios básicos, entre otros.

En el paso dos, basándose en los estados financieros, información financiera de la institución y mediciones realizadas, se obtuvieron los costos totales de los recursos como se puede ver en la Tabla 1, distribuyéndolos de acuerdo con el tiempo o a su uso anual en cada microservicio y servicio. Tal como mencionan Sigcha, Morocho y Siguenza-Guzman (2019), los costos deben ser considerados por el mismo periodo de tiempo. Dentro de los costos indirectos para la prestación de los servicios, se han considerado los costos de depreciación de los bienes, licencias, servicios externos, mantenimiento, energía eléctrica, agua potable, servicios de seguridad, y el servicio de aseo relacionado con los servicios. Para la distribución de los costos correspondientes a los servicios, en el caso de los valores que se podían determinar directamente al servicio o microservicio se asigna el valor total, mientras que los demás rubros se distribuyen de acuerdo con el tiempo de cada microservicio y servicio.

CIF	Valor anual (USD)
Energía Eléctrica	24.491,52
Agua Potable	331,47
Servicios de seguridad y vigilancia	681,14
Servicio de aseo	439,46
Conectividad (proveedor externo)	170.310,67
Enlaces fibra óptica	29.414,21
Firewall	73.216,71
Conectividad entre campus	26.262,72
Mantenimiento y soporte	124.864,82
Depreciación / Amortización bienes	137.763,60
Telefonía	21.812,72
Almacenamiento	17.640,69
APs y otros de seguridad, conectividad	86.993,04

Tabla 1 – Costos anuales de los recursos utilizados en los servicios

Para el paso tres, es necesario obtener la capacidad práctica de los recursos. La capacidad práctica, de acuerdo con Kaplan y Anderson (2007), se estima en base al 80% de la capacidad teórica para el caso de personas, donde se asume el tiempo de reuniones, entrada y salida, y descansos. Este enfoque ha sido utilizado en varias aplicaciones de TDABC, según lo reportan Everaert et al. (2008), Ganorkar, Lakhe, & Agrawal (2018) y Siguenza-Guzman et al. (2014). Para el caso de estudio, se ha considerado el mismo enfoque donde se incluye también las vacaciones del personal, es decir, para obtener la capacidad práctica se tomó en cuenta el 80% del tiempo de cinco personas de la Coordinación de Redes y Comunicación, cuyo resultado fue de 499.200 minutos

en un año. Cabe recalcar que no todo el personal se dedica a los servicios analizados exclusivamente, siendo utilizados en estos servicios de acuerdo con el levantamiento 323.533 minutos. El costo por minuto de la mano de obra directa se puede ver en la Tabla 2 y 3, se obtuvo de los salarios del personal considerando el tiempo de cada microservicio y servicio y la capacidad práctica de cada persona. Además, se estimó una proporción de costo de mano de obra indirecta únicamente con lo relativo a la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación, que representa USD 0,054 por minuto y con la Coordinación de Redes y Comunicación que es de USD 0,10 por minuto.

MOD	Costo anual (USD)	M-DNS	M-Autenticación	M-Seguridad	M-Conectividad	S-Servidor Virtual	S-Telefonía
Analista de infraestructura tecnológica	21.704,38			2.056,58	11.963,91	784,98	6.898,87
Especialista de infraestructura tecnológica	26.958,48	3.101,93	6.234,64				
Analista de infraestructura tecnológica	21.704,38					13.360,82	
Especialista de tecnologías de la información	26.958,48			13.596,56			
Analista de infraestructura tecnológica	21.704,38	2.056,58	2.056,58		7.670,81	1.271,60	3.749,17

Tabla 2 – Distribución de costo anual por microservicio y servicio de la mano de obra directa

MOD	Capacidad práctica (min)	Tiempo utilizado (min)	M-DNS (min)	M-Autenticación (min)	M-Seguridad (min)	M-Conectividad (min)	S- S. Virtual (min)	S-Telefonía (min)
Analista de infraestructura tecnológica	99.840	99.840			9.460	55.034	3.611	31.735
Especialista de infraestructura tecnológica	99.840	34.578	11.488	23.090				
Analista de infraestructura tecnológica	99.840	61.460					61.460	
Especialista de tecnologías de la información	99.840	50.355			50.355			
Analista de infraestructura tecnológica	99.840	77.302	9.460	9.460		35.286	5.849	17.246
Tiempo total	499.200	323.533	20.948	32.550	59.815	90.320	70.920	48.981

Tabla 3 – Distribución de tiempo según capacidad práctica por microservicio y servicio de la mano de obra directa

En el paso cuatro se procede a calcular el costo unitario por minuto de cada microservicio y servicio según la Tabla 4, considerando la información obtenida en los pasos previos y el tiempo de cada evento, que se puede ejemplificar con la Ecuación 1.

$$Costo\ unitario\ por\ minuto = \frac{MOD}{Tiempo} + \frac{MOI}{Tiempo} + \frac{CIF}{Tiempo} \quad (1)$$

	M- DNS	M- Autenticación	M- Seguridad	M- Conectividad	S- Servidor Virtual	S- Telefonía
MOD	0,25	0,25	0,26	0,22	0,22	0,22
MOI	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
CIF	1,67	1,63	3,75	2,08	1,63	2,02
Costo unitario(min)	**2,07**	**2,04**	**4,16**	**2,45**	**2,00**	**2,39**

Tabla 4 – Costo unitario por minuto de los microservicios y servicios

Para obtener el tiempo para cada evento, de acuerdo con el paso cinco, se utilizan los procesos determinados en el estudio presentado por Ribadeneira et al. (2019), en el cual para la toma de tiempos se aplicó el método PERT (por sus siglas en inglés, Program Evaluation and Review Technique). El método PERT consiste en tomar los tiempos optimista, probable y pesimista de cada evento y obtener un promedio considerando en mayor proporción el tiempo más probable; en este caso, mediante entrevistas. Con esta información se generan las ecuaciones de tiempo de cada microservicio y servicio (i.e., gestión de equipos, autenticación, DNS, seguridad, conectividad, y de los servicios de servidor virtual y telefonía). Para el presente caso de estudio, la fórmula para el tiempo del servicio podría expresarse tal como aparece en la Ecuación 2.

$$Tiempo\ del\ servicio = (\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \ldots + \beta_i x_i) \quad (2)$$

Donde β es el tiempo de la actividad,

y x es la frecuencia de ocurrencia de la actividad

En la Tabla 5 se muestra las ecuaciones de tiempo del microservicio de gestión de equipos; mientras que en el Anexo 1 Tablas 1-6 se presentan las ecuaciones de tiempo de los microservicios de DNS, autenticación, seguridad, conectividad, servidor virtual y telefonía respectivamente.

Proceso / Actividad	Ecuaciones de tiempo
Configuración Inicial	
1. Montaje	Montar en el rack y adecuación de conexiones + Atornillar las placas de soporte del equipo al rack + Conexiones eléctricas y energizado de equipos + Montar cable de enlace de red + Conectar equipos
2. Validación y pruebas (checklist)	Verificación física + Verificación lógica + Pruebas de funcionamiento
Operación	
1. Gestión de requerimientos	Análisis de requerimientos + Solución del requerimiento + Validación

2. Monitoreo y revisión	Revisión de tráfico de red* + Verificación del estado de funcionamiento de fuentes de poder switch CORE + Verificar el funcionamiento de los switch* + Revisión de cables con el TEST
Intervención	
1. Preventiva: Mantenimiento	Planificación* + Limpieza de ventiladores** + Ordenar el cableado ** + Observación y monitoreo de los equipos + Validación y Pruebas + Cierre de Intervención*
2. Correctiva: Identificación y solución de quejas o fallas	Indagaciones preliminares + Verificación de que el equipo está encendido, tenga conectividad + Solución al incidente + Validación y pruebas + se pide soporte al fabricante en caso de que exista contrato de soporte {Si no se soluciona*} + Cierre de la intervención correctiva

Tabla 5 – Actividades y ecuaciones de tiempo del microservicio de gestión de equipos

A su vez, cada servicio se puede representar con una fórmula base, con la que, para realizar el cálculo de los minutos al año que se requieren para cada servicio, se puede modificar la frecuencia anual según cada actividad. En este caso, se consideró los tiempos y frecuencias levantados para este efecto. De acuerdo con los procesos para la provisión de los servicios tecnológicos analizados, en la Ecuación 3 se puede observar que el servicio de Internet está compuesto por dos tercios de las actividades de gestión de equipos más las actividades de los microservicios de autenticación, DNS, seguridad y conectividad. Asimismo, el servicio de Servidor Virtual que se muestra en la Ecuación 4 es igual a la sexta parte de las actividades de gestión de equipos más las actividades de configuración, operación e intervención de servidor virtual. El servicio de telefonía representado en la Ecuación 5 contiene la sexta parte de las actividades de gestión de equipos más las actividades de configuración inicial, operación e intervención de telefonía. En el Anexo 2 Tablas 1-3 se puede observar las actividades y los tiempos mencionados.

$$
\begin{aligned}
&\textit{Servicios de Internet}\ (\text{min}) = \\
&\tfrac{2}{3}(20x_1 + 15x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 10x_5 + 10{,}83x_6 + 10{,}83x_7 + 15x_8 + 8x_9 + 30x_{10} + \\
&\quad +10x_{12} + 10x_{13} + 10x_{14} + 25x_{15} + 100{,}83x_{16} + 5x_{17} + 30x_{18} + 120x_{19} + 25x_{} \\
&\quad 120x_{21} + 20x_{22} + 10x_{23} + 40x_{24} + 20x_{25} + 5x_{26}\{Si\ no\ se\ soluciona*\} + 120{} \\
&62{,}5x_{28} + 33{,}33x_{29} + 10{,}83x_{30} + 10{,}83x_{31} + 15x_{32} + 10x_{33} + 10x_{34} + 10x_{35} + \\
&15x_{36} + 15x_{37} + 10x_{38} + 105{,}83x_{39} + 10x_{40} + 63x_{41} + 20x_{42} + 120x_{43} + 25x_{44} + \\
&45x_{45} + 120x_{46} + 105{,}83x_{47} + 10x_{48} + 20x_{49} + 20x_{50} + 20x_{51} + 120x_{52} + 25x_{53} + \\
&45x_{54} + 120x_{55} + 15x_{56} + 20x_{57} + 45x_{58} + 10x_{59} + 10x_{60}\{Si\ no\ se\ soluciona\} + \\
&120x_{61} + 90x_{62} + 30{,}83x_{63} + 10{,}83x_{64} + 10{,}83x_{65} + 15x_{66} + 8x_{67} + 60x_{68} + 60x_{69} + \\
&20x_{70} + 20x_{71} + 20x_{72} + 20x_{73} + 20x_{74} + 105{,}83x_{75} + 10x_{76} + 59{,}17x_{77} + 20x_{78} + \\
&120x_{79} + 25x_{80} + 45x_{81} + 120x_{82} + 100{,}83x_{83} + 10x_{84} + 20x_{85} + 20x_{86} + 20x_{87} + \\
&120x_{88} + 25x_{89} + 45x_{90} + 120x_{91} + 15x_{92} + 70x_{93} + 45x_{94} + 20x_{95} + \\
&10x_{96}\{Si\ no\ se\ soluciona\} + 120x_{97} + 330x_{98} + 120x_{99} + 360x_{100} + 60x_{101} + \\
&10{,}83x_{102} + 10{,}83x_{103} + 15x_{104} + 7{,}67x_{105} + 60x_{106} + 60x_{107} + 30x_{108} + 30x_{109} + \\
&15x_{110} + 20x_{111} + 20x_{112} + 100{,}83x_{113} + 6x_{114} + 20x_{115} + 20x_{116} + 20x_{117} + \\
&120x_{118} + 25x_{119} + 45x_{120} + 120x_{121} + 100{,}83x_{122} + 6x_{123} + 59{,}17x_{124} + 20x_{125} + \\
&120x_{126} + 25x_{127} + 45x_{128} + 120x_{129} + 20x_{130} + 20x_{131} + 20x_{132} + 45x_{133} + \\
&20x_{134} + 5x_{135}\{Si\ no\ se\ soluciona\} + 120x_{136} + 15x_{137} + 30x_{138} + 20x_{139} + \\
&10{,}83x_{140} + 10{,}83x_{141} + 15x_{142} + 7{,}67x_{143} + 10x_{144} + 10x_{145} + 15x_{146} + \\
&10x_{147} + 10x_{148} + 100{,}83x_{149} + 59{,}17x_{150} + 120x_{151} + 25x_{152} + 120x_{153} + \\
&100{,}83x_{154} + 2400x_{155} + 120x_{156} + 25x_{157} + 120x_{158} + 62{,}5x_{159} + 20x_{160} + \\
&20x_{161} + 45x_{162} + 60x_{163} + 5x_{164}\{Si\ no\ se\ soluciona\} + 120x_{165}
\end{aligned}
\tag{3}
$$

$$Servicio\ de\ Servidor\ Virtual\ (min) = \frac{\begin{array}{c}20x_1+15x_2+10x_3+10x_4+10x_5+10{,}83x_6+10{,}83x_7+15x_8+8x_9+30x_{10}+15x_{11}\\+10x_{12}+10x_{13}+10x_{14}+25x_{15}+100{,}83x_{16}+5x_{17}+30x_{18}+120x_{19}+25x_{20}+\\120x_{21}+20x_{22}+10x_{23}+40x_{24}+20x_{25}+5x_{26}\{si\ no\ se\ soluciona*\}+120x_{27}\end{array}}{6} + 30x_{28} + 50x_{29} + 20x_{30} + 10{,}83x_{31} + 10{,}83x_{32} + 15x_{33} + 7{,}67x_{34} + 15x_{35} + 15x_{36} + 15x_{37} + 15x_{38} + 15x_{39} + 10{,}83x_{40} + 20x_{41} + 100{,}83x_{42} + 20x_{43} + 20x_{44} + 30x_{45} + 30x_{46} + 20x_{47} + 20x_{48} + 20x_{49} + 120x_{50} + 45x_{51} + 120x_{52} + 100{,}83x_{53} + 20x_{54} + 20x_{55} + 59{,}17x_{56} + 20x_{57} + 20x_{58} + 120x_{59} + 45x_{60} + 120x_{61} + 20x_{62} + 30x_{63} + 30x_{64}\{si\ no\ hay\ espacio\ o\ por\ falta\ de\ uso\} + 20x_{65} + 5x_{66}\{si\ no\ se\ soluciona\} + 120x_{67} \quad (4)$$

$$Servicio\ de\ Telefonía\ (min) = \frac{\begin{array}{c}20x_1+15x_2+10x_3+10x_4+10x_5+10{,}83x_6+10{,}83x_7+15x_8+8x_9+30x_{10}+15x_{11}\\+10x_{12}+10x_{13}+10x_{14}+25x_{15}+100{,}83x_{16}+5x_{17}+30x_{18}+120x_{19}+25x_{20}+\\120x_{21}+20x_{22}+10x_{23}+40x_{24}+20x_{25}+5x_{26}\{si\ no\ se\ soluciona*\}+120x_{27}\end{array}}{6} + 15x_{28} + 17{,}83x_{29} + 20x_{30} + 20x_{31} + 10{,}83x_{32} + 15x_{33} + 15x_{34} + 4{,}83x_{35} + 4{,}83x_{36} + 4{,}83x_{37} + 20x_{38} + 7{,}67x_{39} + 10x_{40} + 10x_{41} + 100{,}83x_{42} + 6x_{43} + 30{,}83x_{44} + 20x_{45} + 120x_{46} + 24x_{47} + 45x_{48} + 120x_{49} + 100{,}83x_{50} + 6x_{51} + 59{,}17x_{52} + 20x_{53} + 120x_{54} + 25x_{55} + 45x_{56} + 120x_{57} + 20x_{58} + 10x_{59} + 10x_{60} + 10x_{61} + 20{,}83x_{62} + 5x_{63}\{Si\ no\ se\ soluciona\} + 120x_{64} \quad (5)$$

En el paso seis se calcula el costo total de cada servicio, como se puede observar en la Ecuación 6. Esto se lo consigue multiplicando el costo unitario por minuto, por el tiempo de cada evento que implica la prestación del servicio.

$$Costo\ total\ del\ Servicio = Costo\ por\ minuto * Tiempo\ del\ servicio \quad (6)$$

4. Resultados y Discusión

Con el desarrollo de los pasos presentados en la sección anterior, se obtuvieron los costos por minuto de cada uno de los microservicios que permiten la generación de los servicios de la Coordinación de Redes y Comunicación de la DTIC como se muestra en la Tabla 6. Se puede observar que el microservicio que mayor costo representa es el de Seguridad, mientras que el menor costo es el de Autenticación. Los costos unitarios varían ligeramente entre los demás microservicios y servicios como se refleja en la Figura 1.

Microserivicio (M) / Servicio (S)	Costo por minuto (USD)
M-DNS	2,07
M-Autenticación	2,04
M-Seguridad	4,16
M-Conectividad	2,45
S-Servidor Virtual	2,00
S-Telefonía	2,39

Tabla 6 – Costo por minuto en dólares de los microservicios y servicios tecnológicos

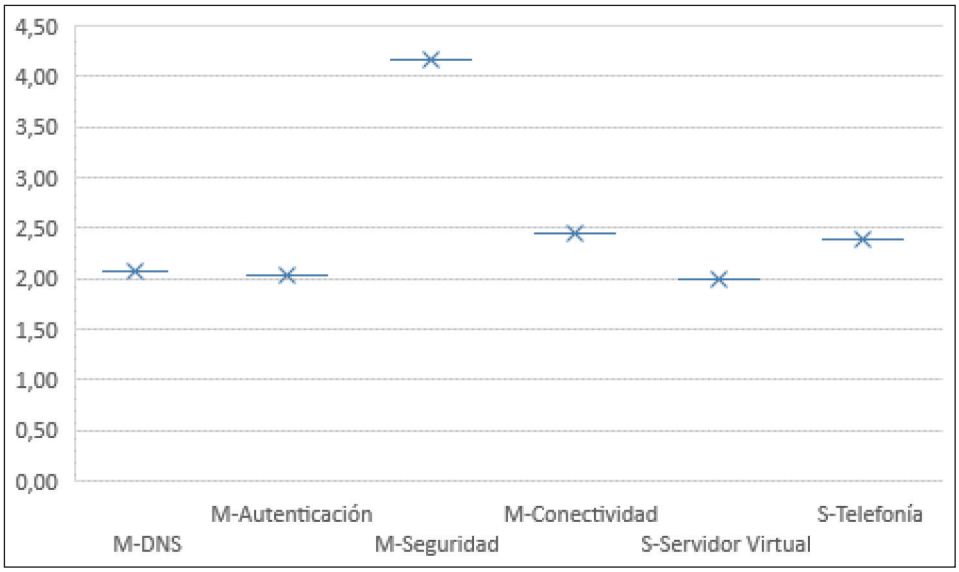


Figura 1 – Costo por minuto de los microservicios y servicios

Al multiplicar el costo por minuto, por el tiempo total de cada servicio se obtuvieron los costos anuales de los servicios, como se puede observar en la Tabla 7.

Microservicios / Servicios	Tiempo (minutos)	Costo Total (USD)
Microservicio de DNS	20.948	43.349,54
Microservicio de Autenticación	32.550	66.272,23
Microservicio de Seguridad	59.815	248.891,15
Microservicio de Conectividad	90.320	221.068,14
Servicio de Internet	203.633	579581,06
Servicio de Servidor Virtual	70.920	169638,75
Servicio de Telefonía	48.981	98025,59

Tabla 7 – Costo anual de los microservicios y servicios tecnológicos en dólares

Al comparar el uso del tiempo, se puede notar en la Tabla 7, que el microservicio de conectividad es el que mayor tiempo consume, y por lo tanto el servicio de internet también lo es; mientras que, el servicio de telefonía es el que menor tiempo requiere como se muestra en la Figura 2. Sin embargo, el costo por usuario del servicio de internet es el menor, seguido por el de telefonía y el de servidor virtual. Considerando

la información obtenida de la institución sobre el número de usuarios de los servicios tecnológicos, se tiene que, el costo anual del servicio de internet, teniendo 17 mil usuarios (entre estudiantes y personal) es de USD 33,96 por usuario. Por otro lado, el costo anual por servidor virtual considerando 130 servidores es de USD 1.304,91; y, el costo anual del servicio de telefonía es de USD 113,06 por línea, en base a un total de 867 líneas.

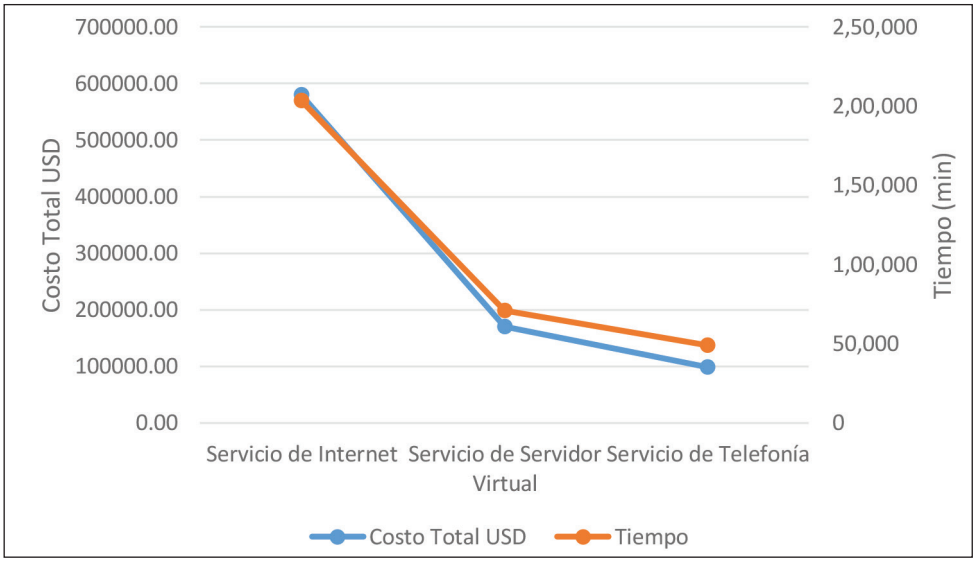


Figura 2 – Relación del costo total de los servicios con el tiempo empleado

Esta información sirve como herramienta para una gestión financiera de los servicios tecnológicos. Esta gestión financiera es de vital importancia debido a que permite una toma de decisiones basada en información real de la institución. De acuerdo con Van Bon, Pieper y Kolthof (2008), la gestión financiera de servicios de TI permite la identificación, localización, pronóstico y monitorización de los costos. Según Husted et al. (2018), el método TDABC es confiable y transparente para permitir la comparación y la optimización estratégica de los procesos.

Al analizar los costos de los servicios de internet, de telefonía y de servidor virtual de la institución, se observa la carga financiera que genera cada usuario. Esto permite conocer cuál sería el valor que debería considerarse en caso de ofertarse externamente los servicios, o el valor que se debería cubrir en las IES cuando se generan los servicios en programas u ofertas autofinanciadas. Además, permitiría tomar decisiones fundamentadas en números, mejorar los procesos con relación a tiempos, frecuencias y costos. Lo que a su vez generaría un uso de recursos eficiente y mejores servicios. La determinación de costos usando el modelo TDABC presenta mayor facilidad al considerar el tiempo como único parámetro para la asignación de los costos de cada servicio. Desafortunadamente, hasta nuestro conocimiento, no existen otros estudios publicados de otras IES para contrastar estos costos.

Una de las limitaciones de este estudio es que los costos indirectos relativos a los procesos administrativos, financieros y de personal no fueron considerados. Esto debido a que no son costos relevantes en los servicios de TI; además de no poder estimarse adecuadamente por no ser posible identificar el tiempo exacto que se dedican en relación con los servicios.

5. Conclusiones

El método TDABC permite calcular los costos de los servicios según el tiempo de los procesos, lo que facilita la determinación de costos de servicios tecnológicos; en este caso, de acuerdo con la frecuencia anual que estos se generan. Si los tiempos o las frecuencias de los procesos se modifican, las ecuaciones de tiempo permitirán calcular fácilmente los nuevos costos. A diferencia de otros métodos de costeo, TDABC facilita la asignación de costos a los servicios mediante el tiempo como inductor de costo. Al aplicar el método TDABC en el caso de estudio se pueden mejorar aspectos como la asignación de personal en base a las frecuencias de los procesos, conocer el costo de cada microservicio y servicio para una mejor toma de decisiones. El caso de estudio se realizó en una universidad pública ecuatoriana, donde se obtuvieron los costos de los microservicios de gestión de equipos, autenticación, DNS, seguridad y conectividad, y de los servicios de Internet, telefonía y servidor virtual, para lo cual se distribuyó el costo de los recursos según el tiempo utilizado en la prestación de los servicios, considerando la capacidad práctica del personal.

Para futuras investigaciones se debería contrastar con otros métodos de costeo, realizar el análisis en otras IES y en otras instituciones. Para ello, se podría considerar dentro del cálculo de los costos indirectos, las políticas de registro, clasificación, depreciación o amortización de los bienes, los conductores de costo y la forma de asignación de costos.

Referencias

Adeoti, A. A., & Valverde, R. (2013). Time-Driven Activity Based Costing for the Improvement of IT Service Operations. International Journal of Business and Management, 9(1). https://doi.org/10.5539/ijbm.v9n1p109

Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing. Harvard Business Review, 130–135.

Demeere, N., Stouthuysen, K., & Roodhooft, F. (2009). Time-driven activity-based costing in an outpatient clinic environment: Development, relevance and managerial impact. Health Policy, 92(2–3), 296–304. https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2009.05.003

Everaert, P., Bruggeman, W., Sarens, G., Anderson, S. R., & Levant, Y. (2008). Cost modeling in logistics using time-driven ABC: Experiences from a wholesaler. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38(3), 172–191. https://doi.org/10.1108/09600030810866977

Ganorkar, A. B., Lakhe, R. R., & Agrawal, K. N. (2018). Implementation of TDABC in SME: A Case Study. Journal of Corporate Accounting & Finance, 29(2), 87–113. https://doi.org/10.1002/jcaf.22327

Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2012). Cost accounting: A managerial emphasis (14th ed). Upper Saddle River, N.J: Pearson/Prentice Hall.

Husted, H., Kristensen, B. B., Andreasen, S. E., Skovgaard Nielsen, C., Troelsen, A., & Gromov, K. (2018). Time-driven activity-based cost of outpatient total hip and knee arthroplasty in different set-ups. Acta Orthopaedica, 1–7. https://doi.org/10.1080/17453674.2018.1496309

Ippolito, A., Boni, S., Cinque, E., Greco, A., & Salis, S. (2016). Using Time-Driven Activity-Based Costing to Establish a Tariff System for Home Health Care Services: Journal of Healthcare Management, 61(6), 436–447. https://doi.org/10.1097/00115514-201611000-00009

Jalalabadi, F., Milewicz, A. L., Shah, S. R., Hollier, L. H., & Reece, E. M. (2018). Activity-Based Costing. Seminars in Plastic Surgery, 32(04), 182–186. https://doi.org/10.1055/s-0038-1673336

Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2007). Time-driven activity-based costing: A simpler and more powerful path to higher profits. Harvard Business School Press.

Koehler, D. M., Balakrishnan, R., Lawler, E. A., & Shah, A. S. (2019). Endoscopic Versus Open Carpal Tunnel Release: A Detailed Analysis Using Time-Driven Activity-Based Costing at an Academic Medical Center. The Journal of Hand Surgery, 44(1), 62.e1-62.e9. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2018.04.023

Ministerio de Finanzas. (2016). Normativa de Contabilidad Gubernamental. Registro Oficial 755.

Öker, F., & Özyapici, H. (2013). A New Costing Model in Hospital Management: Time-Driven Activity-Based Costing System. The Health Care Manager, 32(1), 23–36. https://doi.org/10.1097/HCM.0b013e31827ed898

Ribadeneira, C., Tuapante, L., Siguenza-Guzman, L., Ayabaca, F., Tello, A., & Vanegas, P. (2019). A process collection methodology towards TDABC costing optimization of IT services: A case study in an Ecuadorian university. RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), (E20), 541–552.

Rodrigues de Andrade, J. E. (2014). Templates for Calculating IT Services Costs.

Rodrigues de Andrade, J. E. (2014). *Templates for Calculating IT Services Costs* (Master thesis of Science in Information Systems and Computer Engineering). Técnico Lisboa, Lisboa.

Sigcha, E., Morocho, V., & Siguenza-Guzman, L. (2019). Towards the Implementation of a Software Platform Based on BPMN and TDABC for Strategic Management. En Technology Trends. CITT 2018. Communications in Computer and Information Science (Vol. 895, pp. 1–15). https://doi.org/10.1007/978-3-030-05532-5_19

Siguenza-Guzman, L., Van den Abbeele, A., Vandewalle, J., Verhaaren, H., & Cattrysse, D. (2013). Recent evolutions in costing systems: A literature review of Time-Driven Activity-Based Costing. ReBEL - Review of Business and Economic Literature, 58(1), 34–64.

Siguenza-Guzman, L., Van den Abbeele, A., & Cattrysse, D. (2014). Time-Driven Activity-Based Costing Systems for Cataloguing Processes: A Case Study. Liber Quarterly, 23(3), 27.

Szychta, A. (2010). Time-Driven Activity-Based Costing in Service Industries. Social Sciences, 13.

Tse, M. S. (2014). Managing ICT costs in e-commerce organizations with the time-driven activity-based costing model: A note. Academy of Taiwan business management review, 10(3), 147–155.

Van Bon, J., Pieper, M., & Kolthof, A. (2008). Fundamentos de gestión de servicios TI basado en ITIL (Segunda edición). S.l.: itSMF Internacional.

Anexo 1: Ecuaciones de tiempo

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KYY2xKoOUo6bQT8rcZkjK1rRjyrALgvtaKGeXIfKA1k/edit?usp=sharing

Anexo 2: Actividades y tiempos

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1L4HaznSuvFyLLPzikUcg9d5Pgiccd7NM7P3rmAja7uo/edit?usp=sharing

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

Recebido/Submission: 21/09/2019
Aceitação/Acceptance: 07/11/2019

Gestión del conocimiento en las Pymes del sector industrial de Ecuador

Laura Magali - Chamba Rueda[1], Mariuxi-Pardo Cueva[2], Reinaldo Armas[3]

lmchamba@utpl.edu.ec, mcpardo@utpl.edu.ec, ahreinaldo@utpl.edu.ec

[1] Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

[2] [1] Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

[3] Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

Pages: 322–335

Resumen: La gestión del conocimiento (KM) ha sido considerada como una estrategia de competitividad que conlleva al éxito empresarial. Debido a que este tema se considera todavía como una semilla es importante analizar su comportamiento en un país emergente; por lo tanto, el objetivo de este trabajo es comprobar si los componentes de gestión del conocimiento difieren en función de la edad y la naturaleza familiar de la empresa del sector industrial de Ecuador. La metodología utilizada es la estadística inferencial, para ello se aplicó contrastes no paramétricos, Kruskal Wallis y de la Suma de Rangos de Wilcoxon (Mann-Whittney), con el fin de determinar si existen diferencias en los distintos componentes. Se utilizó datos primarios (cuestionario) y secundarios (documentos internos y externos) de 274 empresas. Los resultados muestran que las dimensiones de gestión del conocimiento: diseminación, almacenamiento y transferencia del conocimiento hay divergencias con respecto a la edad de la empresa. Con respecto a la familiaridad sólo existe disparidad en interpretación compartida. La contribución de esta investigación consiste en brindar información sobre la importancia de la gestión del conocimiento como herramienta estratégica de competitividad necesaria para el crecimiento de las PYMES.

Palabras-clave: gestión del conocimiento; PYMES; sector industrial

Knowledge Management in the industrial sector of Ecuador

Abstract: Knowledge management (KM) has been considered a competitive strategy that leads to business success. Because this issue is still considered a seed, it is important to analyze its behavior in an emerging country; Therefore, the objective of this work is to verify whether the knowledge management components differ according to the age and family nature of the company in the industrial sector of Ecuador. The methodology used is inferential statistics, for this non-parametric contrasts, Kruskal Wallis and Wilcoxon Range Sum (Mann-Whittney) were applied, in order to determine if there are differences in the different components. Primary (questionnaire) and secondary data (internal and external documents) of 274 companies were used. The results show that the dimensions of

knowledge management: dissemination, storage and transfer of knowledge there are divergences regarding the age of the company. With respect to familiarity there is only disparity in shared interpretation. The contribution of this research is to provide information on the importance of knowledge management as a strategic competitive tool necessary for the growth of SMEs.

Keywords: Knowledge Management; SMEs; industrial sector

1. Introducción

La gestión del conocimiento (KM) es un tema que aún se encuentra en estado inicial de investigación, esta situación ha provocado una predilección para académicos, profesionales (Qing, Sharon, Robert, & Pauline, 2019) y empresarios. Investigadores de la materia sostienen que la gestión eficiente del conocimiento puede contribuir al desarrollo de una estrategia de competitividad; por ejemplo, la KM en las PYMES impulsan la renovación de las economías nacionales (O'Cass & Sok, 2014; Rua, França, & Fernández Ortiz, 2018).

También suponen que es un instrumento que genera un alto valor de competitividad (Liu, Chan, C., Zhao, & Liu, 2018), mejora la rentabilidad (Kianto, Andreeva & Pavlov, 2013) y coadyuva al éxito organizacional en el sector público como en el privado (Al Ahbabi, Singh & Balasubramanian; Gaviria-Marin, MerigOo & Baier-Fuentes, 2019).

Examinando las diferentes investigaciones que se han realizado sobre KM, especialmente en grandes empresas, (Massaro, Handley, Bagnoli & Dumay, 2016; Serenko, 2013), llama la atención la limitada investigación que se ha realizado en países emergentes lo que motiva a desarrollar el presente estudio tomando como muestra las PYMES del sector industrial de Ecuador.

Según la Asociación de Industrias Textiles de Ecuador - AITE el sector industrial es uno de los más importantes para el país, porque aporta con el 7.5% al producto interno bruto-PIB, genera empleo directo e indirecto (AITE, 2016), la productividad para este grupo económico se ve influenciada por la tecnología, capital y mano de obra especialmente se valora la experiencia (IbujésVillacís & Benavides Pazmiño, 2018), por lo descrito es importante analizar cómo se utiliza el conocimiento como estrategia de crecimiento y sostenibilidad empresarial.

Las empresas familiares se consideran como un motor dinamizador para las economías mundiales, en Ecuador representan el 90.5% de empresas registradas en la Superintendencia de Compañías Valores y Seguros, el principal problema está en que el 30% de estas organizaciones alcanzan a la segunda generación y el 15% a la tercera, por lo tanto, surge la necesidad de investigar el conocimiento para que las empresas cuenten con información relevante que sean la base para la toma de decisiones en pro de perpetuar en el tiempo.

1.1. Revisión de literatura

1.1.1. *Gestión del conocimiento*

La gestión del conocimiento (KM) se ha convertido en el activo intangible más importante de una empresa (Nonaka & Takeuchi, 1995) para desarrollarlo es indispensable contar

con una participación activa de los empleados (Nuruzzaman, Gaur & Sambharya, 2018) ya que a través de las ideas se pueden generar productos o servicios innovadores con bondades para satisfacer las diversas necesidades de los clientes.

Para Quintas, Lefrere y Joues (1997) la KM se define como el proceso para identificar y explorar los activos del conocimiento existentes y adquiridos en pro de desarrollar nuevas oportunidades; según Leonard (1995) lo relaciona con el proceso de adquirir, colaborar, integrar y experimentar; de acuerdo con Teece (1998) se vincula a crear, transferir, ensamblar, integrar y explotar; para Nonaka y Takeuchi (1995) hace referencia a crear, acceder, diseminar y aplicar el conocimiento; Para Tarí Guilló y García Fernández (2009) la KM es el proceso de creación, almacenamiento, transferencia, aplicación o uso del conocimiento, estas iniciativas de KM se considerarán para el presente estudio porque son el resultado de un análisis de los aportes anteriores.

Bajo lo expuesto se concibe a la KM como: creación; almacenamiento – transferencia y aplicación – uso del conocimiento. La creación del conocimiento se refiere a la adquisición interna del conocimiento y a la capacidad de aprendizaje de la organización. El almacenamiento y transferencia del conocimiento está relacionada con los flujos de aprendizaje, compartir, articular y provisionar conocimiento dentro de la empresa, la dimensión aplicación y uso del conocimiento se relaciona con las prácticas como: dominio personal, visión compartida, apertura y experimentación, cultura organizativa, etc. (Tarí Guilló & García Fernández 2009).

Investigaciones afirman que es más fácil desarrollar la KM en las grandes empresas (Nunes, Annansingh & Eaglestone, 2005) debido a que disponen de recursos enfocados para alcanzar altos niveles de productividad (Åstebro & Thompson, 2011), estas empresas poseen tecnologías de la información que son indispensables en las organizaciones debido a que crean escenarios que facilitan la gestión del conocimiento (Khan & Vorley, 2017), han revolucionado la gestión empresarial (Hopkins and Hawking, 2019) y han alcanzado altos niveles de competitividad.

Las dimensiones estructuradas de KM ayudan a evaluar, adquirir, almacenar, usar y descartar conocimiento (Stewart, 1999; Choi & Lee, 2002; Haas & Hansen, 2007). Según (Probst, Raub & Romhardt, 2000) argumenta que la gestión del conocimiento se divide en ocho procesos principales: definición de objetivos, identificación, adquisición, desarrollo, distribución, utilización, retención y evaluación del conocimiento. Otros investigadores manifiestan que no están claras las dimensiones debido a que cada autor lo analizan según marcos diferentes (Argyris & Schon, 1978; Nonaka & Takeuchi, 1995; Senge, 1992)

Para esta investigación se han considerado las siguientes dimensiones: Adquisición, diseminación, interpretación compartida, almacenar conocimiento, transferencia de conocimiento. La creación de conocimiento o aprendizaje organizativo está ligada a la creación interna de conocimiento y a la capacidad de aprendizaje, incluyen las dimensiones adquisición, diseminación, e interpretación de la información. La dimensión almacenamiento y transferencia de conocimiento está vinculada con los flujos de aprendizaje, compartir, articular y acumular el conocimiento. Finalmente, la aplicación y uso está relacionada con las prácticas de gestión del conocimiento (Tarí Guilló & García Fernández , 2009).

La cultura empresarial es un tema de relevancia al momento de analizar la KM debido a que algunos investigadores sostienen que esta puede generar barreras en la implementación (Intezari, Taskin & Pauleen, 2017; Martinsons, Davison, & Huang, 2017; Gonzaga de Albuquerque, Coutinho de Melo, Dumke de Medeiros, Tomaz de Aquino & De Barros Jerónimo, 2018; Al Saifi, 2015; Hussinki, Kianto, Vanhala & Ritala, 2017; Peng, Li-Hua & Moffett, 2007).

1.1.2. *Empresas familiares*

Las empresas familiares han tomado vital importancia para el desarrollo económico y social de un país, generan la mayor cantidad de empleos directos e indirectos (Yu; Lumpkin; Sorenson; Brigham, 2012). En Ecuador, según los resultados de un studio de la empresa familiar en Ecuador realizado por la Universidad Espíritu Santo (UESS), sostienen que el 90.5% de las empresas registradas en la Superintendecnia de Compañias Valores y Seguros son familiares. y se estima que aportan con el 51% del PIB (Rivadeneira, 2016).

A nivel global no existe una definición única para una empresa familiar, para el presente estudio se tomará la tesis de Villalonga y Amit (2006), que sostienen que las empresas familiares se consideran tres elementos: propiedad, control y gestión. La propiedad se refiere a la posesión de la compañía; el control tiene que ver con el poder para la toma de decisiones y la gestión con la operación diaria ya sea a través de la Junta Directiva o en puestos de nivel directivo.

Por lo tanto, las empresas familiares se conciben como un conjunto de recursos y capacidades en donde el crecimiento depende de los recursos que dispone (Penrose, 1959), entre los que se pueden diferenciar activos tangibles e intangibles (Wernerfelt, 1984) este último como el recurso humano que pueden ser formas de conocimiento tácito como explícito indispensables en la KM (Camisón, 2014)

2. Metodología

En este trabajo se aplicaron 274 encuestas a empresas industriales ecuatorianas sobre la gestión del conocimiento que presentan las mismas. Las encuestas se realizaron en el año 2018 y las variables seleccionadas fueron:

Edad de la empresa: Es una variable ordinal que toma el valor de 1, es si la empresa tiene entre 1 y 5 años, 2 si la empresa tiene entre 6 y 10 años, 3 si tiene de 11 a 15 años, 4 si tiene de 16 a 20 años, 5 si tiene de 21 a 25 años, 6 si tiene de 26 a 30 años y 7 si tiene más de 30 años.

Empresa familiar: es una variable binaria que toma el valor de 1 si la empresa es familiar y 0 si no lo es.

Las dimensiones de gestión del conocimiento (Cárcel Carrasco, 2014) son las siguientes:

Adquisición de la información. – se refiere a la creación del conocimiento que pueden generar los individuos, organizaciones o grupos.

Diseminación de la información. - Selección de la información.

Interpretación compartida. – Se refiere, cómo se percibe la información, por ejemplo, datos estructurados adecuadamente

Almacenar conocimiento. - Significa traducir el conocimiento de manera que pueda ser transmitido de distintas formas: por ejemplo, informes, bases de datos, entre otros. Lo importante está en representar el conocimiento de forma que quede accesible y entendible para todos los miembros de la organización.

Transferencia conocimiento. - Actividades encaminadas a favorecer una dispersión inteligente del mismo, esto es, la transferencia interna y externa.

El objetivo de este trabajo es comprobar si los componentes de la gestión del conocimiento difieren en función de la edad de la empresa y la naturaleza familiar de la empresa. Por eso las hipótesis formuladas son las siguientes:

H1: No hay diferencias en la adquisición de la información en función de la edad de la empresa.

H2: No hay diferencias en la diseminación de la información en función de la edad de la empresa.

H3: No hay diferencias en la interpretación compartida en función de la edad de la empresa.

H4: No hay diferencias en el almacenamiento de conocimiento en función de la edad de la empresa.

H5: No hay diferencias en la transferencia de conocimiento en función de la edad de la empresa.

H6: No hay diferencias en la adquisición de la información en función de si es empresa familiar.

H7: No hay diferencias en la diseminación de la información en función de si es empresa familiar.

H8: No hay diferencias en la interpretación compartida en función de si es empresa familiar.

H9: No hay diferencias en el almacenamiento de conocimiento de si es empresa familiar.

H10: No hay diferencias en la transferencia de conocimiento en función de si es empresa familiar.

En la metodología se sigue el enfoque empleado en Chamba, Pardo & Armas (2018), donde se especifica el uso de contrastes no paramétricos por la naturaleza de la variable a estudiar. Este enfoque ha sido empleado por estos autores y por Córdova, Inga y Yaguache (2017). Las hipótesis se aceptan si la probabilidad del estadístico es superior al nivel de significación del 5% (0.05).

3. Resultados

En la figura 1 se agrupa la distribución de las empresas en función de su edad. El 28% de las empresas tienen un período de vida entre 6 y 10 años, y el 21% entre uno y cinco años, lo cual indica que es un mercado de empresas relativamente jóvenes. Esto es coherente con la encuesta de Global Entrepreneurship Monitor, que destaca que Ecuador tiene una tasa de emprendimiento de las más grandes de Latinoamérica por razones estructurales. La figura 2 distingue si las empresas de la muestra son familiares o no. El 71% de las empresas de la muestra son familiares, mientras que el 29% restante no lo son. La estructura familiar es la más frecuente en el país debido a que es complejo conseguir capital al inicio de la empresa.

Con respecto a la adquisición de la información (figura 3), el 34% de las empresas está de acuerdo con que el conocimiento genera innovación, mientras que otro 34% no está de acuerdo ni en desacuerdo con esto. El 21% está totalmente de acuerdo con esta afirmación. Sin información no hay innovación si bien no todas las empresas tienen esa visión. Habría que analizar la competitividad del sector al que pertenecen para determinar si la innovación es esencial para la cuota de mercado.

En la diseminación de la información (figura 4) las empresas que están de acuerdo como las que no están en desacuerdo ni de acuerdo son casi las mismas, alrededor del 34%. Solamente el 9.49% están totalmente de acuerdo en dispersar la información y el 18% está en desacuerdo. Las empresas no están diseñadas para un entorno abierto de innovación donde se comparta la información, ya que no llega al 50% las empresas que están claramente a favor de compartir datos.

Con respecto a la interpretación compartida (figura 5), el 49% de las empresas están de acuerdo con que la información está adecuadamente organizada por las personas, si bien el 31% no está de acuerdo ni en desacuerdo y solo el 10.5% está totalmente de acuerdo. La mitad de las empresas ecuatorianas determinan que la información que tiene cada persona es suficiente para la toma de decisiones en su nivel jerárquico.

En el almacenamiento del conocimiento (figura 6), el 39% de las empresas no está de acuerdo ni en desacuerdo en el grado de representatividad y accesibilidad del conocimiento, mientras que 30% está de acuerdo y el 18% en desacuerdo. Este resultado contrasta con la pregunta anterior debido a que la mitad de las empresas notifican que tienen el nivel de conocimiento suficiente pero la representatividad y accesibilidad de esta no es la óptima en todas las empresas. Este resultado indica los sistemas de información son mejorables para la toma de decisiones más acertadas.

En el nivel de transferencia de conocimiento, el 44% está de acuerdo, el 35% ni en desacuerdo ni de acuerdo, el 10% en desacuerdo y el 6.5% totalmente de acuerdo con el grado de dispersión interno y externo de la información corporativa (figura 7). En esta pregunta la opinión de las empresas está polarizada debido a que alrededor del 50% piensa que el conocimiento se expande de manera adecuada.

El análisis global de las preguntas formuladas indica que en la gestión del conocimiento hay margen de mejora debido a que en casi todas las preguntas la mitad de las empresas consideran que gestionan bien las distintas dimensiones del conocimiento, pero el resto no, por lo que áreas de mayor eficiencia.

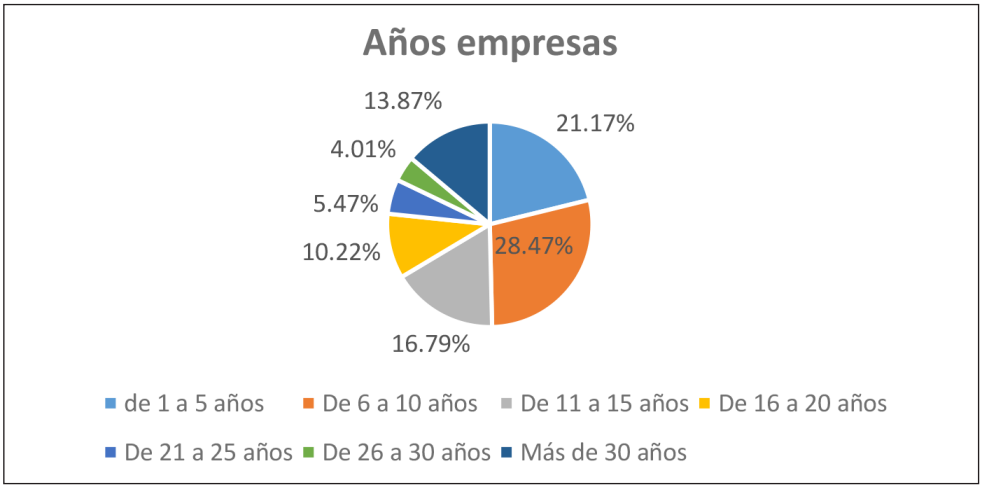


Figura 1 – Edad de la empresa.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

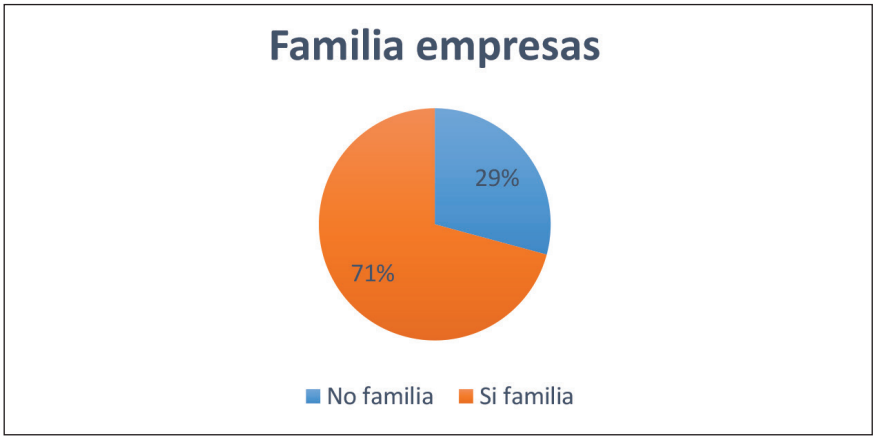


Figura 2 – Empresa familiar.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

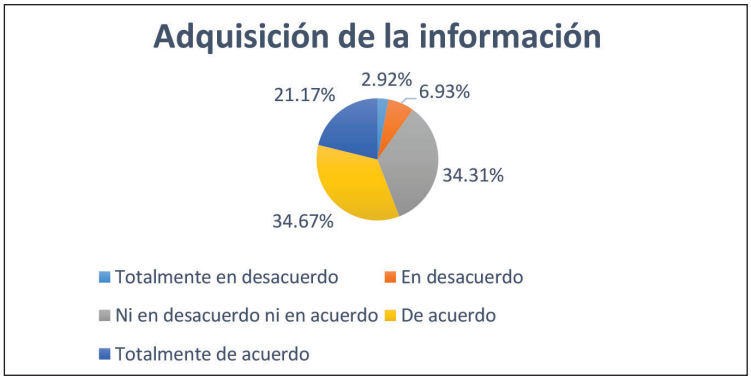


Figura 3 – Adquisición de la información en las empresas.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

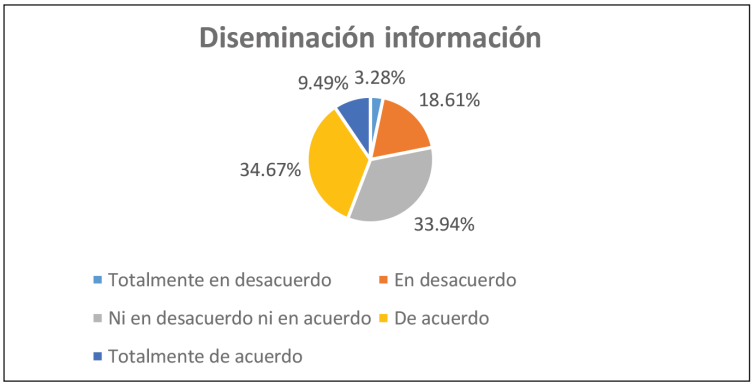


Figura 4 – Diseminación de la información en las empresas.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

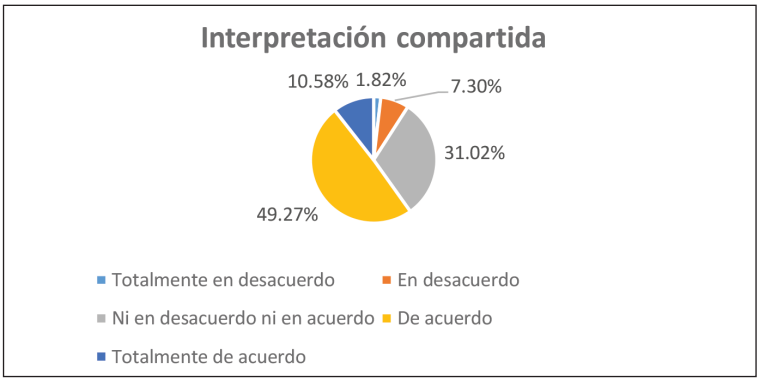


Figura 5 – Interpretación compartida en las empresas.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

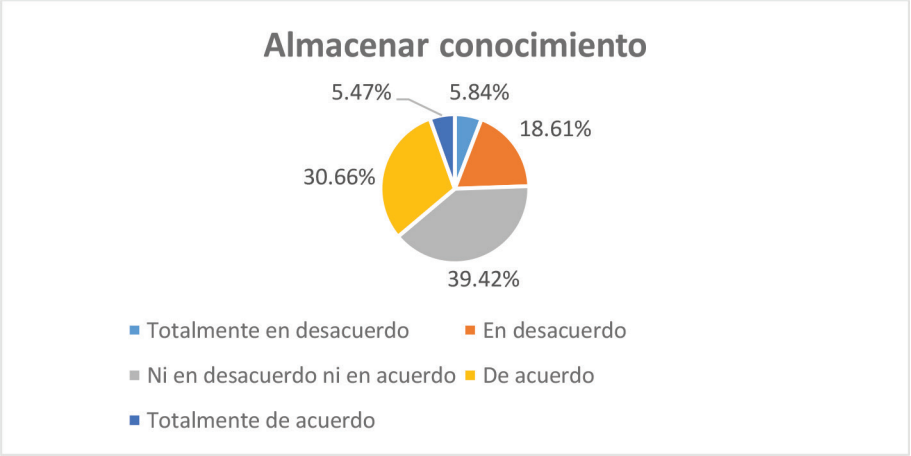


Figura 6 – Almacenamiento de conocimiento en las empresas.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

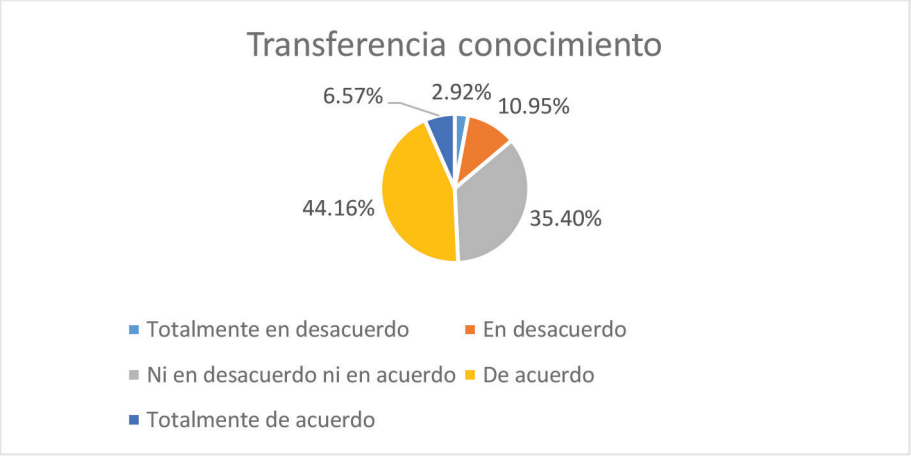


Figura 7 – Transferencia de conocimiento en las empresas.
Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

En las tablas 1 y 2 están los contrastes no paramétricos de Kruskal Wallis y de Suma de Rangos de Wilcoxon (Mann-Whittney), con el fin de determinar si existen diferencias en los distintos componentes de gestión de conocimiento en función de la edad de la empresa y la naturaleza de la misma (familiar o no familiar). El contraste de Kruskal Wallis se aplica cuando la variable de segmentación o variable independiente es la edad, debido al número de categorías que presenta (7), mientras que en el caso de que la naturaleza de la empresa (familiar) se aplica el contraste de Wilcoxon debido a que solo hay dos categorías, (Chamba, Pardo & Armas, 2018).

Kruskal Wallis para edad como variable de agrupación			
	Valor de la Chi Cuadrado	**Grados de libertad**	**Probabilidad**
Adquisición de información	8,262	6	0,2196
Diseminación de información	14,749	6	0,0223
Interpretación compartida	7,942	6	0,2424
Almacenar conocimiento	17,668	6	0,0071
Transferencia conocimiento	15,171	6	0,0190

Tabla 1 – Prueba de Kruskal Wallis Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

Con respecto a los resultados de la tabla 1, se puede visualizar que no hay divergencias en la adquisición de la información (H_1 no se rechaza), sí hay desigualdades entre las empresas por su edad en función de la diseminación de la información (H_2 se rechaza), no hay diferencias en la interpretación de la información (H_3 no se rechaza), y sí hay divergencias en las empresas en función de la edad al almacenar y transferir conocimiento (H_4 y H_5 se rechazan). Estos resultados indican la edad de la empresa tiene influencia en la diseminación de la información, el almacenamiento del conocimiento y la transferencia del conocimiento. Un análisis de tablas cruzadas es la herramienta idónea para identificar que empresas están gestionando mejor estos aspectos del conocimiento y servir de buenas prácticas para el resto de empresas.

Suma de rangos de Wilcoxon (Mann Whitney) para empresa familiar como variable de agrupación		
	Estadístico z	**Probabilidad**
Adquisición de información	0,166	0,8679
Diseminación de información	0,788	0,431
Interpretación compartida	2,018	0,0436
Almacenar conocimiento	0,468	0,6395
Transferencia conocimiento	1,659	0,097

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta.

Tabla 2 – Prueba de Wilcoxon de suma de rangos

Con respecto a los resultados de la tabla 2, se puede visualizar que no hay divergencias en la adquisición de la información (H_6 no se rechaza), no hay desigualdades entre las empresas por su familiaridad en función de la diseminación de la información (H_7 no se rechaza), hay diferencias en la interpretación de la información (H_8 se rechaza), y no hay divergencias en las empresas en función de la condición familiar al almacenar y transferir conocimiento (H_9 y H_{10} no se rechazan). Si se analizan las empresas, no por la edad, sino por la característica de sí son familiares o no, hay una mayor homogeneidad en las mismas, sólo diferenciándose en la interpretación compartida de la información. Las empresas familiares por su propia naturaleza tienen una forma diferente de interpretar la misma.

4. Conclusiones

La mayoría de empresas son jóvenes y de naturaleza familiar, ellas están conscientes que la eficiente utilización del conocimiento puede conllevar alcanzar el éxito. Este resultado concuerda con (Drucker, 1998) quien sostiene que el conocimiento es vital en la ventaja competitiva.

Existe un número importante de empresas que reconocen que la adquisición y diseminación de la información genera innovación. Estos resultados avalan las investigaciones de (Stata, R., 1989; Cohen and Levinthal, 1990; Nonaka and Takeuchi, 1995; Nonaka, 1991). Sin embargo, a pesar de admitir la importancia de la gestión del conocimiento, es necesario implementar estrategias en: la interpretación y almacenamiento del conocimiento que servirán de fuentes para transferir el aprendizaje.

Considerando el escenario en el que se desenvuelven las empresas especialmente aquellas que tiene una larga trayectoria, es importante que utilicen el conocimiento de los empleados para generar productos o servicios innovadores y desafiantes ya que según (Quinn, Anderson and Finkelstein, 1996) la identificación de los talentos intelectuales es lo que determina su capacidad para competir.

Se recomienda desarrollar nuevos estudios y nuevas metodologías como las ecuaciones estructurales. Con tamaño de muestra más significativo considerando los diversos sectores para disponer de resultados más concluyentes sobre el tema de estudio.

Referencias

AITE (30 de marzo de 2016). AITE de Industria Textil y Confección [consultado 29 diciembre 2019]. Disponible en: http://www.aite.com.ec/boletines/2016/industria-textil.pdf

Al Ahbabi, S. A., Singh, S. K., & Balasubramanian, S. (s.f.). Employee perception of impact of knowledge management processes on public sector performance. *J. Knowl. Manag*. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-08-2017-0348.

Al Saifi, S. A. (2015). Positioning organisational culture in knowledge management research. *J. Knowl. Manag*., 19, pp. 164-189. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-07-2014-0287.

Argyris, C., & Schon, D. (1978). *Organizacional learning: A theory of action perspective*. Addison Wesley, Reading, MA.

Åstebro, T., & Thompson, P. (2011). Entrepreneurs, jacks of all trades or hobos? *Research Policy*, 40(5), pp.637-649.

Camisón, C. (2014) *La Competitividad De La Empresa Familiar Y Sus Factores Determinantes: Un Modelo Explicativo*, p. 111. Cited 2 times. Colección Notas de Investigación Nº1.Universitat de València. España

Cárcel Carrasco, J. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Valencia, España: OmmiaScience.

Chamba, L., Pardo, M., & Armas, R. (July 2018). *Innovation and Quality in the Family Entrepreneurships of Ecuador*. In P. Navarrete (Ed.), Un Espacio Para La Ciencia (pp. 123-144). Guayaquil, Ecuador: ManglarEditores.

Choi, B., & Lee, H. (2002). Knowledge Management Strategy and ItsLink to Knowledge *Creation Process. Expert Systems with Applications*. doi:10.1016/S0957-4174(02)00038-6.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, pp.128-152.

Cordova, C., Inga, E. y Yaguache, M. (junio, 2017). Accounting software and profitability in SMEs: The case of Ecuador. *Trabajo presentado en la 12a Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI),* Lisboa, Portugal. Recuperado de https://ieeexplore.ieee. org/document/7975947/

Drucker, P. F. (1998). The discipline of innovation. *Havard Business Review*. Obtenido de http://ogsp.typepad.com/focus_or_die_ogsp/files/drucker_1985_the_discipline_

Gaviria-Marin, M., MerigOo, J. M., & Baier-Fuentes, H. (2019). Knowledge management: A global examination based on bibliometric analysis. Technol. Forecast. Soc. Change, 140, pp. 194-220. doi:https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.006.

Gonzaga de Albuquerque, A. P., Coutinho de Melo, F., Dumke de Medeiros, D., Tomaz de Aquino, J., & De Barros Jerónimo, T. (2018). Knowledge management alignment to the community of practice in a company of cutting and bending steel. *Brazilian J. Oper. Prod. Manag*., 15, pp.1-11. doi:https://doi.org/10.14488/bjopm.2018.v15.n1.a1.

Haas, M. R., & Hansen, M. T. (2007). Different Knowledge, Different Benefits: Toward a Productive Perspective on Knowledge Sharing in Organizations. *Strategic Management Journal*, 28(11), 1133–1153. doi:10.1002/smj.631.

Hopkins, J., & Hawking, P. (2019). Big data analytics and IoT in logistics: a case study. *International Journal of Knowledge Management*. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-06-2018-0361

Hussinki, H., Kianto, A., Vanhala, M., & Ritala, P. (2017). Assessing the universality of knowledge management practices. *J. Knowl. Manag,* 21, pp. 1596-1621. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-09-2016-0394.

Ibujés Villacís, Juan M., Benavides Pazmiño María A. (2018). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía,* 41(115), pp.140-150. https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002

Intezari, A., Taskin, N., & Pauleen, D. J. (2017). Looking beyond knowledge sharing: an integrative approach to knowledge management culture. *J. Knowl. Manag*., 21, pp. 492-515. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-06-2016-0216.

Khan, Z., & Vorley, T. (2017). Big data text analytics: an enabler of knowledge management. *Journal of Knowledge Management*, 21(1), pp. 18-34.

Kianto, A., Andreeva, T., & Pavlov, Y. (2013). The Impact of Intellectual Capital Management on Company Competitiveness and Financial Performance. *Knowledge Management Research & Practice*, 11(2), 112–122. doi:doi:10.1057/kmrp.2013.9.

Leonard, D. (1995). *Wellsprings of knowledge: Building and sustaining the source of innovation*. Boston: Harvard Business School Press.

Liu, Y., Chan, C., C., Zhao, C., & Liu, C. (2018). Unpacking knowledge management practices in China: do institution, national and organizational culture matter? J. *Knowl. Manag*. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-07-2017-0260.

Martinsons, M. G., Davison, R. M., & Huang, Q. (2017). International Journal of Information Management Strategic knowledge management failures in small professional service fi rms in China. *Int. J. Inf. Manag*, 37, pp. 327-338. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.04.003.

Massaro, M., Handley, K., Bagnoli, C., & Dumay, J. (2016). Knowledge Management in Small and Medium Enterprises: A Structured Literature Review. *Journal of Knowledge Management,* 20(2), pp. 258-291. doi:doi:10.1108/JKM-08-2015-0320

Nonaka, I. (1991). *The knowledge creating company*. Harvard Business Review, 69(6), pp. 96-104.

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation,*. New York, NY.: Oxford University Press.

Nunes, M. B., Annansingh, F., & Eaglestone, B. (2005) (101-119). Knowledge management issues in knowledgeintensive SMEs. *Journal of Documentation*, 62(1).

Nuruzzaman, N., Gaur, A. S., & Sambharya, R. (2018). A micro-foundations approach to studying innovation inmultinational subsidiaries. *Global Strategy Journal*, 1-25.

O'Cass, A., & Sok, P. (2014). The role of intellectual resources, product innovation capability, reputational resources and marketing capability combinations in firm growth. *International Small Business Journal*, 32(8), pp. 996-1018.

Peng, J., Li-Hua, R., & Moffett, S. (2007). Trend of knowledge management in China: challenges and opportunities. *J. Technol. Manag. China*, 2, pp. 198-211. doi:https://doi.org/10.1108/17468770710825142.

Penrose, E. (1959*), The Theory of the Growth of the Firm*. John Wiley & Sons, Nueva York.

Probst, G., Raub, S., & Romhardt, K. (2000). *Managing Knowledge*: Building Blocks for Success. Wiley.

Qing Hu, Sharon Williams, Robert Mason, & Pauline , F. (2019). Knowledge management in consultancy-involved process improvement projects: cases from Chinese SMEs. *Production Planning & Control*, 30(10-12), pp. 866-880. doi:10.1080/09537287.2019.1582095

Quinn, J. B., Anderson, P., & Finkelstein, S. (1996). *La Gestión del Intelecto Profesional:Sacar el Máximo de los Mejores*. Harvard Deusto Business Review, 75, 4-17.

Quintas, P., Lefrere, P., & Joues, G. (1997). Knowledge management: A strategic agenda. *Long Range Planning*, 30, pp. 385–391.

Rivadeneira, A. (3 de septiembre de 2016). Las empresas familiares pueden salvar la economía. Las empresas familiares pueden salvar la economía. Obtenido de https://www.eluniverso.com/noticias/2016/09/03/nota/5778183/empresas-familiares-pueden-salvar-economia

Rua, O., França, A., & Fernández Ortiz, R. (2018). Key drivers of SMEs export performance: The mediating effect of competitive advantage. *Journal of Knowledge Management,* 22(2), pp.257-270. doi:https://doi.org/10.1108/JKM-07-2017-0267.

Senge, P. M. (1992). *La quinta disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente*. Barcelona: Granica.

Serenko, A. (2013). Meta-analysis of Scientometric Research of Knowledge Management: Discovering the Identity of the Discipline. *Journal of Knowledge Management*, 17(5), pp.773–812. doi:doi:10.1108/JKM-05-2013-0166

Stata, R. (1989). Organizational Learning the Key to Management Innovation. *Sloan Management Review*, 3(30), pp.63-74.

Stewart, T. A. (1999). *Intellectual Capital: The New Wealth of Organizations,* Currency/Doubleday. New York, NY: Currency/Doubleday,.

Tarí Guilló, J., & García Fernandez, M. (2009). Dimensiones de la gestión del conocimiento y de la gestión de la calidad: Una revisión de la literatura . *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, pp. 135-148.

Teece, D.J. (1998). Capturing value from knowledge assets: The new economy, markets for knowhow and intangible assets. *California Management Review*, 40(3), pp.55–79.

Villalonga, B. y Amit, R. (2006), "How do family ownership, control and management affect firm value?", *Journal of Financial Economics* , 8(2), pp. 385-417.

Wernerfelt, B. (1984), "A resource-based view of the firm". *Strategic Management Journal*, 5(2), pp. 171-180.

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

Recebido/Submission: 08/07/2019
Aceitação/Acceptance: 12/10/2019

Relación entre Gestión del Conocimiento y Calidad en las empresas del sector industrial de Ecuador

Laura Magali - Chamba Rueda[1], Mariuxi-Pardo Cueva[2], Ángel Higuerey Gómez[3], Jaime Efrén Chillogallo Ordoñez[4]

lmchamba@utpl.edu.ec, mcpardo@utpl.edu.ec, aahiguerey@utpl.edu.ec, jeordonez@utpl.edu.ec

[1] Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

[2] [1] Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

[3] Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

[4]Universidad Técnica Particular de Loja, 110102, Loja, Ecuador.

Pages: 336–347

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo analizar la relación entre las dimensiones de gestión del conocimiento y calidad, en el sector industrial de Ecuador. La importancia radica en que la gestión de la calidad puede contribuir a obtener una mejora continua en la gestión del conocimiento según las dimensiones: creación, almacenamiento, transferencia, aplicación y uso del conocimiento. La metodología utilizada es la estadística descriptiva e inferencial. La población objeto de estudio corresponde a 276 empresas ubicadas en las principales ciudades de Ecuador del sector industrial. Los resultados muestran que, las prácticas de gestión de la calidad potencian la creación y transferencia de conocimiento a través de la implementación eficiente de procesos.

Palabras-clave: gestión del conocimiento; gestión de calidad; sector industrial

Relationship between Knowledge and Quality Management in Companies in Ecuador's Industrial Sector

Abstract: This research aims to analyze the relationship between knowledge management and quality, in Ecuador's industrial sector. The importance is that quality management can contribute to continuous improvement in knowledge management according to the dimensions: creation, storage, transfer, application and use of knowledge. The methodology used is descriptive and inferential statistics. The population under study corresponds to 276 companies located in the main cities of Ecuador in the industrial sector. The results show that quality management practices enhance the creation and transfer of knowledge through the efficient implementation of processes.

Keywords: knowledge management; quality management; industrial sector.

1. Introducción

Algunas investigaciones sostienen que hay una relación directa entre la gestión de la calidad total (TQM) y conocimiento (KM) (Iqbal, A. and Asrar-ul-Haq, M., 2017), su administración eficiente puede facilitar la creación de estrategias innovadoras para el sector público o privado (Choi y Lee, 2002; Chen y Jong, 2015; Garrido-Moreno, Lockett, y García-Morales, 2014), cuyos resultados se visualizan en la mejora del desempeño organizacional. (Liu y Abdalla., 2013; Beck y Schenker-Wicki., 2014).

La gestión de TQM centra su atención en la satisfacción del cliente a través de la entrega de productos o servicios con calidad. Cuando una empresa logra alcanzar niveles altos de satisfacción del cliente a mediano o largo plazo puede evidenciar un incremento en la rentabilidad (Arumugam, Fong y Ooi, 2008). También se considera como una técnica de mejora estratégica utilizada para mejorar el desempeño de los empleados y por ende incrementar las ganancias (Al-Dhaafri et al., 2016). Las dimensiones que se consideran para medir TQM son: liderazgo, planificación de la calidad, alianzas y recursos, gestión de los empleados, aprendizaje, gestión de procesos y mejora continua (Álvarez García, Río Rama, Vila Alonso; 2014)

Por otro lado, la administración del conocimiento también permite el crecimiento de las empresas por lo que las organizaciones deben contar con líderes con habilidades y capacidades para influenciar en los empleados en pro de garantizar el cumplimiento de objetivos (Zwain Lim y Othman, 2017; Waddell y Stewart, 2008), el uso del conocimiento permite potencializar algunas de las dimensiones de TQM como: trabajo en equipo, orientación al cliente, proveedores, mejora continua (Butler y Murphy, 2007). Las dimensiones consideradas para medir la gestión del conocimiento son: adquisición de la información, diseminación de la información, interpretación compartida, almacenamiento del conocimiento, transferencia de conocimiento (Tarí Guilló y García Fernandez , 2009).

La mayoría de estudios se han centrado en el análisis de la gestión del conocimiento y calidad total de manera aislada (Tarí Guilló y García Fernández, 2009, para superar estas limitaciones se presenta la siguiente investigación cuyo objetivo consiste en analizar la relación entre TQM Y KM a través de las dimensiones expuestas, esta analogía ha llamado la atención en diferentes partes de mundo y se ha convertido en un tema de interés para muchos investigadores.

Revisión de Literatura

Gestión del conocimiento

Algunos autores sostienen que la gestión del conocimiento surgió debido a la necesidad de las empresas para adaptarse a escenarios que cambian rápidamente, por lo que, necesitaban organizaciones con estructuras flexibles (Issa Mahmoud Shehabat, 2017).

No se puede redactar una definición exacta sobre KM, debido a que dependen del enfoque y especialización de los investigadores como, por ejemplo: (Malhotra, 2000):

- Portal informativo se relaciona con el procesamiento de datos, flujo de información desarrollo de bases de datos entre otros.

- Portal técnico vincula a los sistemas tecnológicos como la minería de datos, almacenamiento de datos, sistemas de información basados en la Web entre otros.
- Portal cultural se conecta con las condiciones intelectuales a través del aprendizaje colectivo, aprendizaje permanente y la construcción de organizaciones.

Los tres portales coinciden que la gestión del conocimiento tácito y explícito proporciona soluciones a través de la inversión, construcción e intercambio del conocimiento. También algunos autores consideran que KM es el activo intangible más importante de las organizaciones porque gestionadas eficientemente pueden crear ventajas competitivas (Lim, Ahmed, y Zairi, 1999; Kianto, Sáenz, y Aramburu, 2017), através de la creación, almacenamiento y transferecnia, aplicación y uso del conocimeinto.

Tomando como base las diferentes fuentes de literatura, se han identificado las siguientes dimensiones de KM: adquisición, diseminación e interpretación del conocimiento las cuales están relacionadas con la creación de conocimiento, el almacenamiento y transferencia de conocimiento se vinculan con los flujos de información y la exteriorización del conocimiento (Tarí Guilló y García Fernandez , 2009).

Finalmente, la KM permite articular las estructuras empresariales para facilitar la identificación y desarrollo de talentos que a través del de la producción intelectual generen riqueza y garanticen el crecimiento empresarial (Bernal Torres, Germán Fracica, y Frost González, 2012).

Gestión de la calidad total (TQM)

La gestión de la calidad tiene como base lograr la satisfacción del cliente, a través de la entrega de productos o servicios que compensen sus necesidades. Se caracteriza por desarrollar una cultura de mejora continua, que permite a las organizaciones adaptarse a contextos cambiantes.

Siete dimensiones de gestión de la calidad se han considerado para este estudio: liderazgo, planificación de la calidad, alianzas y recursos, gestión de los empleados, Aprendizaje, Gestión de Procesos, Mejora Continua, Resultados clave, estas variables se han obtenido tomando como base los modelos y sistemas de calidad. Además, que han sido utilizadas en algunas investigaciones (Prajogo, D. I.; Sohal, A. S., 2003; Alotaibi , Yusoff, y Islam , 2013; Arumugam, Chang, Ooi, y Teh, 2009; Khalid, Zohaib, y Mahmood, 2011; Ahire, Golhar, y Waller, 1996; Atakan y Ay2, 2009; Terziovski y Guerrero, 2014).

La gestión de la calidad ha sido adoptada en su mayoría por países que cuentan con un alto nivel de industrialización como: Estados Unidos, Japón, Europa y Australia, la KM ha permitido a las empresas obtener ventajas sostenibles (Samson y Terziovski, 1999).

Relación entre Gestión del conocimiento (KM) y calidad (TQM)

Algunos estudios sostienen que el liderazgo gestionado eficientemente puede coadyuvar para establecer un ambiente adecuado para la KM, por lo tanto, se necesita un compromiso por parte de la alta dirección para obtener resultados favorables para la empresa (Bryant, 2003; Ahire, Golhar, y Waller, 1996; Damanpour y Gopalakrishnan, 2001; Keng-Boon Ooi, 2014).

En la planificación de la calidad, Liebowitz (1999) manifiesta que el éxito de la KM se relaciona con la planificación estratégica porque su correcto diseño y ejecución aportan al cumplimiento de objetivos, además cuando se socializa la planificación entre sus colaboradores se puede fortalecer el compromiso del recurso humano en beneficio de la empresa (Wong, 2005).

Para crear, adquirir y transferir es importante las alianzas, así como los recursos necesarios para utilizar el conocimiento en beneficio de la empresa.

Con respecto a la gestión de los empleados, existen algunas investigaciones que han analizado las relaciones que existe entre el recurso humano y KM (Davenport y Volpel, 2001; Garavan, Gunnigle, y Morley, 2000). Las prácticas de recurso humano pueden facilitar la adquisición, distribución y creación de conocimiento. El conocimiento es el activo más valorado por los empresarios porque se convierte en una fuente de conocimiento que puede crear estrategias competitivas.

El Aprendizaje, es una oportunidad para lograr la mejora continua, intercambiar información y adquirir nuevo conocimiento (Garavan, Gunnigle, y Morley, 2000), el líder debe proveer los recursos necesario para desarrollar las competencias y habilidades de los trabajadores en pro de garantizar el crecimiento empresarial.

La Gestión de Procesos en KM es trascendental para el intercambio de conocimientos, es importante que las empresas cuenten con procesos estructurados para adquirir, procesar y almacenar la información según las necesidades de la organización (Ooi, Teh y Chong, , 2009; Molina, Montes, y Ruiz-Moreno, 2007).

Mejora Continua, debe ser el objetivo de cada empresa, para realizar una correcta toma de decisiones es necesario contar con información actualizada para un correcto análisis de datos.

Los resultados clave, se puede vincular con el rendimiento financiero de la empresa ya que la calidad y gestión del conocimiento son herramientas de administración que se pueden implementar para facilitar el crecimiento organizacional.

2. Metodología

En esta investigación se busca determinar la relación que existe entre la gestión del conocimiento y calidad medidos a través de sus dimensiones, en las empresas manufactureras de Ecuador para el año 2017. Para ello se escogió una muestra intencional de 276 empresas ubicadas en las ciudades principales de Ecuador. Se buscó como característica principal, que tuviesen más de 2 años en el mercado. Por otra parte, las empresas poseen diferentes características, y se ha considerado importante la de tipo de empresa: familiar o no. La distribución de las empresas se puede observar en la tabla 1. Se aprecia que la mayoría de la muestra se concentran en las provincias de Pichincha y Guayas, que son las provincias con mayor desarrollo en la economía de Ecuador.

La información de las dimensiones de gestión del conocimiento (DKM) y de calidad (DTQM) fueron obtenidas a través de la aplicación de dos (2) instrumentos diseñados con escala de Likert. Se empleó una escala de 5 opciones: totalmente en desacuerdo,

en desacuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, de acuerdo y totalmente de acuerdo. El primer instrumento, contaba con 43 preguntas y fue aplicado a los gerentes de las empresas; mientras que al segundo tenía 38 interrogantes y le dieron respuestas los empleados de las organizaciones responsable de calidad de la misma.

Los indicadores seleccionados para el estudio de los DTQM y de los DKM son los mayormente empleados en la literatura especializada. En este sentido, en la presente investigación los DTQM evaluados fueron: liderazgo, planificación de la calidad, alianzas y recursos, gestión de los empleados, aprendizaje, gestión de procesos, mejora continua y resultados clave; mientras que los DKM estudiados fueron: adquisición de información, diseminación de la información, interpretación compartida, almacenamiento de conocimiento y transferencia de conocimiento.

Luego los resultados obtenidos se han totalizado por categorización; en este caso se sumaron todos los indicadores de los DTQM, y luego todos los factores de los DKM. Estas totalizaciones, permitieron determinar luego tres (3) grupos de calificación por cada categorización. Para que se determinó la media y la desviación de cada totalización. Lo grupos de cada dimensión fueron clasificados de la siguiente manera:

La técnica empleada para este estudio, es el método de caracterización de las variables de estaninos. Para ello, el primer grupo se conformó por aquellas empresas cuya sumatoria sea menor igual a la media por 0,75 de la desviación; el tercer grupo los que tengan la sumatoria más 0,75 por la desviación. Los grupos creados, en el caso de los DTQM son los siguientes

- Grupo 1: Baja percepción de la calidad
- Grupo 2. Media percepción de la calidad
- Grupo 2: Alta percepción de la calidad.

En el caso de los FGC, los grupos creados son los siguiente:

- Gestión conocimiento 1: Tiene una baja uso de la gestión del conocimiento
- Gestión conocimiento 2: Tiene un medio uso de la gestión del conocimiento
- Gestión conocimiento 3: Tiene un alto uso de la gestión del conocimiento

Se busca calcular coeficientes de correlación entre los diferentes criterios. En este estudio se ha planteado las siguientes hipótesis

- H0= Los factores de calidad (DTQM) no influirán significativamente en los factores de gestión de conocimiento (DKM)
- H1= Los factores de calidad (DTQM) influirán significativamente en los factores de gestión de conocimiento (DKM)

Para el contraste de la hipótesis se ha empleado la chi cuadrado, que se emplea en el análisis de dos o más grupos, y de dos o más variables; ofreciendo un test general sobre la existencia de diferencias entre las categorías que agrupan a los datos de la variable dependiente (Hernández de la Rosa, Hernández., Batista y Tejeda, 2017); prueba estadística muy empleada en ciencias de la salud y sociales, debido a la naturaleza de los datos con que se cuenta.

3. Resultados

Corresponde en esta sección hacer de primero una aplicación de la estadística descriptiva sobre la presencia de las dimensiones de calidad (DTQM) y las dimensiones de gestión de conocimiento (DKM) en las empresas manufactureras de Ecuador. Seguidamente, empleando estadística inferencial, se determinará si las empresas manufactureras de la muestra de Ecuador, que tienen presente D TQM gestiona mejor el conocimiento DKM.

Método descriptivo

Se consideró como características fundamentales para esta investigación, la antigüedad de las organizaciones y el tipo de organización. En la primera, se espera que mientras más madura sea la empresa, los factores de calidad sean más fuerte. Mientras que en la segunda característica se busca diferenciar las empresas que se han constituido y se mantienen como empresa familiar, ya que su capital se encuentra en el entorno familiar, mientras que las empresas que no son familiares, son aquellas en las que el capital se encuentra en manos de accionistas que no tiene una relación familiar.

En la tabla 1, se puede apreciar que la mayoría de las empresas de la muestra encuestada son empresas familiares, y esto se debe a que gran parte de ellas son empresas pequeñas. Por otra parte, se aprecia que la mayoría de las empresas de la muestra se pueden considerar en una etapa de crecimiento y madurez, ya que sobrepasan los cinco (5) años de vida.

Años de funcionamiento	**Familiar**		
	Si	**No**	**Total**
2 - 5 años	44	14	**58**
6 - 10 años	59	20	**79**
11 - 20 años	51	24	**75**
20 - 50 años	32	21	**53**
Más de 50 años	8	3	**11**
Total	**194**	**82**	**276**

Tabla 1 – Distribución de las empresas manufactureras de la muestra por antigüedad y tipo.

Aspecto importante a resaltar, es que la mayor proporción entre las empresas familiares y no, tiende a disminuir en la medida que se avanza en la escala de los años de funcionamiento. No obstante, se aprecia que, en la muestra, la mayor cantidad de las empresas que tienen en funcionamiento más de 50 años, la gran mayoría son empresas familiares.

La figura I muestra los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento a los trabajadores y gerentes respectivamente. Como se puede apreciar los indicadores de los DTQM obtienen la mayoría de aceptación por parte de los entrevistados, al obtener mayores respuestas de Totalmente de acuerdo (TA). No así los DKM quienes obtuvieron en algunos indicadores, gran cantidad de respuestas de Ni de acuerdo ni en desacuerdo, expresando su poca presencia en las empresas.

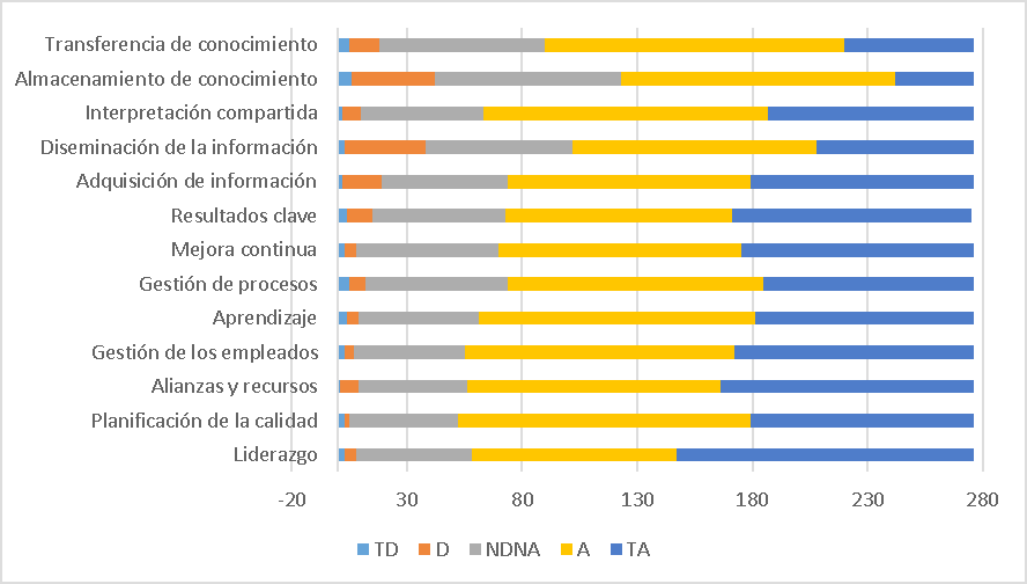


Figura 1 – Apreciación de los factores de calidad por parte de los empleados

Ahora bien, se aprecia que aspectos como la diseminación de la información, el almacenamiento de conocimiento y la transferencia de conocimiento, son aspectos que no fueron bien valorados por los encuestados, al obtener una gran cantidad de respuestas de NDNA y en Desacuerdo (D); siendo el almacenamiento de conocimiento y la diseminación de la información, la que mayores respuestas de Desacuerdo recibieron en la encuesta. Esto es importante, ya que se está resaltando que las empresas no están contribuyendo a que la información se comparta en la organización; sino que consideran que la misma se concentra; en algunos casos, en las altas jerarquías de la organización.

Inferencia estadística

Se puede apreciar en la tabla 2, que la mayoría de las empresas han opinado que tanto la percepción de la calidad como del uso de la gestión del conocimiento es mediana; pero la primera es menor en cuanto a la gestión del conocimiento. Ahora bien, tal diferencia no tiene una connotación tan fuerte en las empresas jóvenes, en las cuales, la percepción de bajo, en ambas variables, casi iguala al medio. Esto puede deberse, a que, por ser empresas jóvenes, la importancia dada a la calidad y gestión del conocimiento no es tan grande.

Ahora bien, las empresas familiares que son la mayoría en esta muestra, de acuerdo a la tabla 3, presentan una percepción media de la calidad, así como un medio uso de la gestión de conocimiento.

Años de funcionamiento	Percepción de la calidad				Uso de la gestión de conocimiento			
	Baja	Media	Alta	Total	Bajo	Medio	Alto	Total
2 - 5 años	21	28	9	**58**	23	29	6	**58**
6 - 10 años	17	42	20	**79**	11	50	18	**79**
11 - 20 años	14	38	23	**75**	12	42	21	**75**
20 - 50 años	7	30	16	**53**	6	35	12	**53**
Más de 50 años	1	7	3	**11**	1	5	5	**11**
Total	60	145	71	276	53	161	62	276

Tabla 2 – Percepción de la calidad y gestión de conocimiento por años de funcionamiento

Tipo de empresa	Percepción de la calidad				Uso de la gestión de conocimiento			
	Baja	Media	Alta	Total	Bajo	Medio	Alto	Total
Familiar	45	100	49	**194**	39	115	40	**194**
No familia	15	45	22	**82**	14	46	22	**82**
Total	60	145	71	276	53	161	62	276

Tabla 3 – Percepción de la calidad y gestión de conocimiento por tipo de empresa

Para el contraste de la hipótesis se empleó la chi cuadrada. Los resultados se muestran en la tabla 4. Como se observa el nivel de significancia se encuentra en menos del 5%, por lo que en esta investigación se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa ya que existe suficiente evidencia muestral para afirma que las variables no son independientes; es decir, que los factores de calidad (DTQM) inciden significativamente en los factores de gestión de conocimiento (DKM) de las empresas manufactureras de Ecuador para el año 2017.

Los resultados son coherentes con García-Fernández (2016) quien, en un estudio de caso, muestra que las prácticas de gestión de la calidad potencian la creación de conocimiento y la transferencia a través de la eficiencia de procesos, por medio de indicadores de calidad o a través de procesos documentados, apoyando estudios previos; coincidiendo con los estudios de Linderman et al., 2004; Molina et al., 2007.

Tabla cruzada Calidad*Fgc					
Recuento					
		Fgc			Total
		1	2	3	
Calidad	1	38	21	1	60
	2	13	108	24	145
	3	2	32	37	71
Total		53	161	62	276

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	134,507[a]	4	,000
Razón de verosimilitud	120,449	4	,000
Asociación lineal por lineal	94,245	1	,000
N de casos válidos	276		

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 11,52.

Medidas simétricas			
		Valor	Significación aproximada
Nominal por Nominal	Phi	,698	,000
	V de Cramer	,494	,000
N de casos válidos		276	

Tabla 4 – Prueba de chi cuadrado

4. Conclusiones

En este artículo se ha estudiado la relación de los factores de calidad (DTQM) con los factores de gestión de conocimiento (FKM), en las empresas manufactureras ecuatorianas en el periodo 2017. Se emplearon datos de una encuesta aplicada que medía las variables a través de escala de Likert.

Los resultados indican que con un 95% de confianza, los factores de calidad (DTQM) influirán significativamente en los factores de gestión de conocimiento (DKM) de las empresas manufactureras de Ecuador para el año 2017.

Esto lleva a concluir que las empresas con alta percepción de los factores de calidad tendrán una mejor gestión en el conocimiento de las empresas manufactureras de Ecuador, contribuyendo así buscar diferencias competitivas.

Estos resultados, conlleva a seguir el estudio, ampliando la muestra de las empresas, y comparar el resultado con por provincias de Ecuador y por sectores, ya que se ha observado grandes diferencias en las clasificaciones de las empresas ecuatorianas.

Referencias

Ahire, S., Golhar, D., y Waller, M. (1996). "Development and validation of TQM implementation constructs". *Decision Sciences, 27*(1), 23–56.

Al-Dhaafri, S.H., Al-Swidi, K.A. y Yusoff, B.Z.R. (2016), "The mediating role of TQM and organizational excellence, and the moderating effect of entrepreneurial organizational culture on the relationship between ERP and organizational performance", *The TQM Journal*, Vol. 28 No. 6,pp. 991-1011.

Alotaibi , F., Yusoff, R., y Islam , R. (2013). Assessing the impact of total quality management practices and quality culture with competitiveness of Saudi contractors. *American Journal of Applied Sciences, 10*(6), 638–645.

Arumugam, V., Chang, H., Ooi, K., y Teh, P. (2009). Self-assessment of TQM practices: a case analysis. *The TQM Journal*, 46–58.

Arumugam, V., Fong,, T. C., y Ooi, K. B. (2008). TQM practices and quality management performance: An investigation of their relationship using data from ISO 9001:2000 firms in Malaysia. *The TQM Journal, 20*(6), 636–650.

Atakan, T., y Ay2, Ö. (2009). Total Quality Management Practices In Textile And Confection Corporations. *Trakia Journal of Sciences*.

Beck, M., & Schenker-Wicki., A. (2014). Cooperating with External Partners: The Importance of Diversity for Innovation Performance. *European Journal of International Management*, 548–569. doi:10.1504/EJIM.2014.064604.

Bernal Torres, C., Germán Fracica, N., y Frost González, J. (2012). Análisis de la relación entre la innovación y la gestión del conocimiento con la competitividad empresarial en una muestra de empresas en la ciudad de Bogotá. *Estudios Gerenciales*, 303–315.

Bryant, S. E. (2003). The role of transformational and transactional leadership creating, sharing, and exploiting organizational knowledge. *Journal of Leadership and Organizational Studies, 9*(4), 32–44.

Butler, T. and Murphy, C. (2007), "Understanding the design of information technologies for knowledge management in organizations: a pragmatic perspective", *Information Systems Journal*, Vol. 7 No. 2, pp. 143-163.

Chen, L., y Jong, P. W. (2015). Evaluation of Knowledge Management Performance: An Organic Approach. *Information and Management, 52*(4), 431–453.

Choi, B., y Lee, H. (2002). Knowledge Management Strategy and ItsLink to Knowledge Creation Process. *Expert Systems with Applications*. doi:10.1016/S0957-4174(02)00038-6.

Damanpour, F., y Gopalakrishnan, S. (2001). Theories of organizational structure and innovation adoption: The role of environmental change. *Journal of Engineering and Technology Management, 15*(1), 1–24.

Davenport, T. H., y Volpel, S. C. (2001). The rise of knowledge towards attention management. *Journal of Knowledge Management, 5*(3), 212–221.

Garavan, T. N., Gunnigle, P., y Morley, M. (2000). Contemporary HRD research: A triarchy of theoretical perspectives and their prescriptions for HRD. *Journal of European Industrial Training, 24*(2/3/4), 65–93.

García-Fernández, M. (2016). Influencia de la gestión de la calidad en los resultados de innovación a través de la gestión del conocimiento. Un estudio de casos. *innovar*, 26(61), 45–64.

Garrido-Moreno, A., Lockett, A. N., & García-Morales, V. (2014). Paving the Way for CRM Success: The Mediating Role of Knowledge Management and Organizational Commitment. *Information and Management, 51*(8), 1031–1042.

Hernández de la Rosa, Y., Hernández Moreno, V. J., Batista Hernández, N. E., y Tejeda Castañeda, E. (2017). ¿Chi cuadrado o Ji cuadrado?. *Medicentro Electrónica*, 21(4), 294–295.

Iqbal, A. and Asrar-ul-Haq, M. (2017), "An empirical investigation on TQM practices and knowledge sharing mediation in software industry*", The TQM Journal,* Vol. 29 No. 5, pp. 725-743. https://doi.org/10.1108/TQM-03-2017-0038

Issa Mahmoud Shehabat. (2017). Integration Between Knowledge Management and Total Quality Management in Jordanian Universities: Empirical Study. *International Journal of Knowledge and Systems Science, 8*(2). doi:DOI: 10.4018/IJKSS.2017040104

Keng-Boon Ooi. (2014). TQM: A facilitator to enhance knowledge management? A structural analysis. *Expert Systems with Applications*, 5167–5179.

Khalid, S., Zohaib, M., y Mahmood, B. (2011). TQM Implementation in Textile Manufacturing Industry to Success: Review and Case Study. *International Business Research*.

Kianto, A., Sáenz, J., y Aramburu, N. (2017). Knowledge-based human resource management practices intellectual capital and innovation. *Journal of Business Research, 81*, 11–20.

Liebowitz, J. (1999). *Knowledge management handbook*. . Florida: CRC Press LLC.

Lim, K. K., Ahmed, P. K., y Zairi, M. (1999). Managing for quality through knowledge management. *Total Quality Management, 10*(4&5), 615–621.

Liu, Y., y Abdalla., A. N. (2013). Evaluating the Managerial Behavior of Managing Knowledge in Chinese SMEs. *Information Technology and, 14*(2), 159–165. doi: doi:10.1007/s10799-013-0157-x.

Linderman, K., Schroeder, R., Zaheer, S., Liedtke, C., y Choo, A. (2004). Integrating quality management practices with knowledge creation processes. *Journal of Operations Management*, 22, 589–607.

Malhotra, Y. (2000). Gestión del conocimiento y nuevas formas de organización: un marco para el modelo de negocio Innovación. *Revista de Gestión de Recursos de Información, 13*(1), 5–14.

Molina, L. M., Montes, J. L., y Ruiz-Moreno, A. (2007). Relationship between quality management practices and knowledge transfer. *Journal of Operations Management, 25*(3), Journal of Operations.

Molina, L. M., Lloréns-Montes, J., y Ruiz-Moreno, A. (2007). Relationship between quality management practices and knowledge transfer. *Journal of Operations Management,* 25, 682–701.

Ooi, K. B., Teh, P. L., y Chong, , A. L. (2009). Developing an integrated model of TQM and HRM on KM activities. *Management Research News, 32*(5), 477–490.

Prajogo, D. I.; Sohal, A. S. (2003). The relationship between TQM practices, quality performance, and innovation performance: an empirical examination. *International Journal of Quality & Reliability Management, 20*(8), 901–918.

Samson, D., y Terziovski, M. (1999). The relationship between total quality management research and operational performance. *Journal of Operations Management, 17*(4), 393–409.

Tarí Guilló, J., y García Fernandez , M. (2009). Dimensiones de la gestión del conocimiento y de la gestión de la calidad: Una revisión de la literatura . *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 135–148.

Terziovski, M., y Guerrero, J. (2014). "ISO 9000 quality system certification and its impact on product and process innovation performance. *International Journal of Production Economics, 158*(2014), 197–207.

Terziovski, M., Howell, A., Sohal, A., y Morrison,. (2000). Establishing mutual dependence between TQM and the learning organization: A multiple case study analysis. *The Learning Organization, 7*(1), 23–31.

Waddell, D. and Stewart, D. (2008), "Knowledge management as perceive by quality practitioners", *The TQM Journal*, Vol. 20 No. 1, pp. 31-44.

Wong, K. Y. (2005). Critical success factors for implementing knowledge management in small and medium enterprises. *Industrial Management & Data Systems, 105*(3), 261–279.

Zwain, A.A.A., Lim, T.K. and Othman, N.S. (2017), "TQM and academic performance in Iraqi HEIs: associations and mediating effect of KM", The TQM Journal, Vol. 29 No. 2, pp. 357-368.

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

Recebido/Submission: 23/09/2019
Aceitação/Acceptance: 17/11/2019

Propuesta de un marco de trabajo para la Identificación y Selección de algoritmos y herramientas de Minería de Procesos orientado a las organizaciones de desarrollo de software

Silvia Jaqueline Urrea-Contreras[1], Brenda Leticia Flores-Rios[1], María Angélica Astorga-Vargas[2], Jorge Eduardo Ibarra-Esquer[2], Félix Fernando González-Navarro[1], Paola E. Velazquez-Solis[1], Sandra L. Buitrón Ruiz[3], Carlos A. Ardila Albarracín[3]

brenda.flores@uabc.edu.mx

[1] Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

[2] Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

[3] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia.

Pages: 348–363

Resumen: Las organizaciones de desarrollo de software cuentan con registros de eventos que contienen información útil para modelar y analizar la ejecución de sus procesos. En este sentido, la Minería de Procesos proporciona algoritmos y herramientas para afrontar la complejidad de datos generada en los flujos de trabajo. Sin embargo, existe desconocimiento por parte de las organizaciones sobre cuáles algoritmos y herramientas de Minería de Procesos deben aplicar. Se presenta un Marco de Trabajo para la identificación y selección de algoritmos y herramientas de Minería de Procesos que contempla un Modelo de referencia denominado MoProPEI-MP y una Guía técnica con el conocimiento tópico para la interpretación de dicho modelo de referencia. El Marco de Trabajo propuesto fue valorado mediante la técnica de Focus Group obteniendo resultados positivos que validan las características de escalabilidad y viabilidad de su implementación en proyectos de mejora de procesos y/o de desarrollo de software.

Palabras-clave: Ciencia de Procesos; Minería de Procesos; Algoritmos y Herramientas de Minería de Procesos

Proposal of a framework for the identification and selection of Process Mining algorithms and tools in software development organizations

Abstract: Software development organizations possess event logs that contain information useful for modeling and analyzing the execution of their processes. In this way, Process Mining provides algorithms and tools to address the complexity of data generated in workflows. Nevertheless, there is a lack of knowledge from the organizations' side about which algorithms and Process Mining tools they should

apply. In this document, the Framework for identification and selection of Process Mining algorithms and tools is presented, which includes a Process Reference Model called MoProPEI-MP and a Technical Guide that provides topical knowledge for the application of the reference model. The Framework was evaluated with the method of Focus Group, the results showed that its implementation is viable, and an incremental, scalable and manageable version of each component was obtained.

Keywords: Process Science; Process Mining; Process Mining Algorithms and tools.

1. Introducción

La Ciencia de datos es un área interdisciplinaria que surgió con la estadística, minería de datos, bases de datos y sistemas distribuidos, debido a la abundancia y disponibilidad de los datos y la necesidad de obtener valor de ellos (Van der Aalst, 2016). Por otro lado, la Ciencia de procesos es una disciplina que combina el conocimiento de las tecnologías de la información y las Ciencias administrativas para la gestión y mejora de procesos de negocios, considerando otras subdisciplinas como la automatización de procesos, gestión de flujos de trabajo y Minería de Procesos (MP) (Van der Aalst, 2016). Una definición de MP es la propuesta por Van der Aalst (2016) como la unión de la Ciencia de datos y Ciencia de Procesos, con el propósito de realizar tres tipos de minería (Rubin et al., 2014; Aguirre Mayorga y Rincón García, 2015): 1) Descubrimiento de procesos, 2) Verificación de la conformidad y 3) Mejora de procesos. En el 2012, el Process Mining Manifesto, publicado por el grupo de trabajo en MP del IEEE, identificaron once retos para el desarrollo de la MP (TFPM-IEEE, 2012). Uno de ellos consiste en brindar información para incrementar su entendimiento y utilización por parte de los no expertos (Aguirre Mayorga y Rincón García, 2015).

Las organizaciones de desarrollo de software buscan aumentar su competitividad, la satisfacción de los clientes y calidad de sus productos aplicando modelos de referencia de procesos y/o estándares para la mejora de procesos de software (Mejia, Muñoz y Rocha, 2014), invirtiendo en recursos y esfuerzo al modelar e implementar algunos de ellos, como lo son: CMMI-DEV, COMPETISOFT, ISO/IEC 15504, ISO/IEC 12207 (Pino et al., 2006), NMX-I-059-NYCE-2011. Sin embargo, estos no especifican el uso de técnicas, algoritmos ni herramientas para hacer uso o extraer información o conocimiento de los registros generados por la ejecución de sus actividades de gestión e implementación de proyectos. Además, podrían afrontar desafíos durante el modelado de procesos y desviaciones que pueden incurrir en costos significativos (Van der Aalst, 2015). Actualmente, la MP es de interés para las organizaciones de desarrollo de software (Rubin et al., 2014; Keith y Vega, 2016) en la gestión de sus sistemas de información, intranets, bases de conocimiento y para el análisis de grandes cantidades de datos correspondientes a las instancias de sus procesos (Erdem et al., 2018; Van der Aalst, 2016; Keith y Vega, 2016; Van der Aalst, 2015; Rubin et al., 2014;). De esta forma, la MP ofrecería ventajas de manera estratégica, con respecto a otras técnicas tradicionales utilizadas para analizar procesos, explotar información útil e identificar el uso óptimo de los recursos tecnológicos alineados a mantener o elevar su nivel de madurez.

La MP permite extraer conocimiento a partir de la información contenida en los registros de eventos almacenados y disponibles en los repositorios, bases de datos o sistemas

de información que poseen las organizaciones (Van der Aalst, 2016; TFPM-IEEE, 2012). Los registros de eventos se representan por medio de una tabla que contiene los eventos relacionados con las instancias de los procesos (Rivas y Bayona-Oré, 2019) y se utilizan para descubrir conocimiento, monitorear y analizar las actividades ejecutadas y establecer la validez en el cumplimiento de normas y confiabilidad de la información en función de los procesos críticos de la organización (Van der Aalst, 2016, Pérez-Alfonso et al., 2012). Por otro lado, los flujos de trabajo están incluidos implícitamente en los datos de cada registro de eventos asociados a la ejecución real de las actividades (Valle et al., 2017; Van der Aalst, 2016).

En la práctica, se ha identificado que la disponibilidad de herramientas de MP, de código abierto y comerciales, representa un reto o un escenario confuso para los usuarios o gestores de proyectos, de desarrollo o mejora de procesos de software, al decidir: a) cuál es (son) la(s) herramienta(s) más adecuada(s) para analizar los registros de eventos, b) verificar el comportamiento de los procesos (Ailenei, 2011), c) si se requiere utilizar más de un algoritmo o técnica de MP dependiendo el tipo de análisis, o d) cuál es el conocimiento técnico requerido para utilizar los formatos de archivos que éstas herramientas utilizan. Por ejemplo, uno de los problemas que se presenta es la falta de estandarización en los formatos o extensiones utilizados como archivos de entrada, tales como: csv, xls, mxml o xes (Urrea-Contreras et al., 2018b). Por otra parte, consideramos que la selección asertiva de algoritmos y herramienta(s) de MP a utilizar en proyectos de mejora de procesos o desarrollo de software dependerá del nivel de dominio técnico o capacitación de los usuarios en MP y/o cuál(es) sea(n) la(s) necesidad(es) a resolver en función de las líneas de negocio.

En virtud de este contexto, se resalta la importancia de que las organizaciones de desarrollo de software cuenten con un marco de trabajo orientado a la MP que les brinde a los usuarios, expertos o novatos, el conocimiento técnico relacionado con los tipos de minado, perspectivas, algoritmos, técnicas, algoritmos y herramientas de MP que sean útiles en la gestión cuantitativa de procesos de software y/o les permita realizar análisis cualitativo del descubrimiento automático de sus procesos. En este sentido, la existencia de un marco de trabajo facilitará la identificación y selección de algoritmos y herramientas de MP, desde el contexto de la Ingeniería de Software, compuesto por un Modelo de referencia de MP y una Guía técnica orientados a la generación y aplicación de conocimiento técnico o tópico (Flores-Rios, 2016).

Este documento se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el trabajo relacionado; la sección 3 especifica el proceso metodológico utilizado; en la sección 4 se detallan los componentes del Marco de Trabajo para la Identificación y Selección de algoritmos y herramientas de MP; la sección 5 expone la evaluación del Marco de Trabajo propuesto utilizando la técnica de Focus Group; la sección 6 analiza los resultados de un análisis mixto y finalmente, la sección 7 presenta las conclusiones y trabajo futuro.

2. Trabajo Relacionado

Con el objetivo de contar con un marco teórico y de trabajo relacionado, específicamente de la MP en el ámbito de la Ingeniería de Software, se realizó una Revisión Sistemática

de Literatura (RSL) siguiendo el protocolo de (Kitchenham. 2007). La RSL constató que la adopción y aplicación de técnicas, algoritmos y herramientas de MP en el campo del desarrollo de software es un área de investigación de rápido crecimiento (Štolfa, 2018; Erdem et al., 2018) identificada por trabajos, teóricos y prácticos, realizados durante la última década (Urrea-Contreras et al., 2018a; Erdem et al., 2018). Se seleccionaron 17 estudios primarios validando que las organizaciones o entidades de desarrollo de software están aplicando técnicas, algoritmos y/o herramientas de MP para explorar y diagnosticar sus registros de eventos y analizar flujos de trabajo (Urrea-Contreras et al., 2018b). Algunos trabajos donde se evidencia la inclusión de la MP en proyectos de mejora de procesos de software y desarrollo de software se describen a continuación.

El trabajo de (Valle et al., 2017) consistió en utilizar dos tamaños de muestras en un proyecto de mejora de procesos basado en CMMI-DEV: en el caso A se utilizó el número mínimo de 10 instancias recomendadas para la evaluación SCAMPI; mientras que en el caso B se tomaron en cuenta todas las instancias de procesos correspondientes a 1911 (Valle et al., 2017). Los algoritmos de verificación de conformidad que se aplicaron validaron formalmente el cumplimiento de todas las instancias de los registros de eventos del proyecto de mejora contra las solicitadas por el SCAMPI. Los resultados indicaron que la aplicación de las técnicas de MP en las evaluaciones del SCAMPI mejoró la forma en la que el equipo de evaluación recopiló y analizó la información.

En (Lemos et al., 2011) se especifica un caso de estudio de una compañía de software brasileña en la implementación de un sistema de monitoreo para el registro de datos generados en la ejecución de cada una de las fases de su proceso de desarrollo de software. La base de datos incluía más de 2,000 instancias de procesos utilizando la herramienta ProM para el análisis del flujo de control. Se aplicaron técnicas de MP para extraer información relevante sobre la ejecución del proceso real de desarrollo de software y realizar una verificación de conformidad con los modelos definidos.

En (Poncin et al., 2011) se plantea el desafío de analizar simultáneamente diferentes repositorios y combinar la información resultante utilizando el FRamework for Analyzing Software Repositories (FRASR) junto con técnicas y herramientas de MP. FRASR permite la combinación y coincidencia de eventos mientras que son analizados en la herramienta ProM. Para evaluar la funcionalidad FRASR+ProM se realizaron dos casos de estudio: 1) Roles de desarrollador y 2) Ciclo de vida de errores. Se tomaron 3 roles del primer caso y la asignación de cada uno de ellos por medio de un registro exportado en combinación con la visualización del Gráfico de puntos ProM. En el caso 2 se utilizó FRASR más el plugin ProM Fuzzy Miner (algoritmo difuso) para obtener de resultado un grafo difuso correspondiente a los informes de ciclo de vida de fallas (Poncin et al., 2011).

Se identificó el uso de herramientas de MP como ProM, Disco (Fluxicon), ARIS Process Performance Manager, Perceptive Process Mining y ProcessAnalyzer (Urrea-Contreras et al., 2018a; Van der Aalst, 2016; Rubin et al., 2014) las cuales poseen configuraciones técnicas y procedimientos automatizados (Erdem et al., 2018; TFPM-IEEE, 2012) que implementan algoritmos como el heurístico, genético, difuso, alpha (α), entre otros (Chamorro y Maturana, 2013; TFPM-IEEE, 2012). La mayoría de las herramientas de MP utilizan una interfaz de usuario intuitiva que facilita a los usuarios la aplicación de

los tres tipos de minería tanto para extraer los registros de eventos (Poncin et al., 2011) como para obtener modelos complejos (Valle at al., 2017; Lemos et al., 2011).

Al analizar el trabajo relacionado, se destaca la capacidad de la MP en descubrir procesos, verificar la conformidad de los modelos documentados contra los modelos en ejecución e identificar hallazgos para mejorar procesos. Sin embargo, en los 17 estudios primarios analizados se hace mención de los algoritmos, técnicas y herramientas de MP como un recurso de trabajo (Urrea-Contreras et al., 2018a), sin justificar la decisión o el conocimiento técnico (competencias, perfil, experiencia) requerido por los usuarios en la selección de los mismos. Esta situación puede ser una problemática común para las organizaciones que desean aplicar algoritmos y herramientas de MP como apoyo para el cumplimiento de los requisitos de una norma o un modelo de referencia de procesos, siendo este el enfoque del Marco de Trabajo propuesto.

3. Proceso Metodológico

El proyecto se realizó en tres fases. Las fases 1 y 2 definen el diseño arquitectónico del Marco de Trabajo propuesto tomando como componentes un Modelo de referencia de MP y una Guía técnica; mientras que la fase 3 se enfoca en la evaluación del marco de trabajo propuesto para validar su utilidad en las organizaciones e identificar algunos aspectos que se deben de tomar en cuenta para su implementación en proyectos de mejora de procesos o desarrollo de software.

Fase 1. Diseñar un modelo de referencia de procesos para la identificación y selección de algoritmos y herramientas de MP que contribuya al contexto de la Ingeniería de Software.

Para la Ingeniería de Procesos, un modelo de referencia permite diseñar, planificar y alcanzar resultados favorables en la ejecución de los procesos para que éstos evolucionen hacia la mejora. En Minería de Datos, como subdisciplina de la Ciencia de datos, se han propuesto modelos de referencia orientados al desarrollo de proyectos de explotación de información. Uno de ellos es el Modelo de Procesos para la Explotación de Información (MoProPEI) propuesto por (Martins et al., 2014) quienes lo caracterizan como un modelo adaptable o extendible para la realización de sus actividades en torno a la Minería de Datos con adaptabilidad hacia otros tipos de minería. La flexibilidad y adaptabilidad de MoProPEI permitió seleccionar y adaptar sus subprocesos de Gestión y Desarrollo como categorías de procesos. De esta manera, para la propuesta del modelo de referencia de MP, llamado MoProPEI-MP, se seleccionó de MoProPEI la categoría de Desarrollo adaptando sus actividades, tareas y Productos de Trabajo (PT) hacia la identificación y selección de algoritmos y herramientas para la MP (Urrea-Contreras et al., 2018).

Fase 2. Identificar y especificar una Guía técnica con el conocimiento tópico relacionado a los algoritmos, herramientas, tipos de minado y perspectivas de MP como apoyo técnico en la interpretación o manejo del modelo de referencia MoProPEI-MP.

La Guía técnica es una herramienta descriptiva con el objetivo de apoyar la contextualización de un término en el contexto de MP. El conocimiento tópico está relacionado al significado de las palabras y definiciones (Flores-Rios, 2016) utilizadas en los algoritmos y técnicas de MP.

Fase 3. Evaluar el Marco de Trabajo propuesto, por medio de la técnica de Focus Group con enfoque a la Ingeniería de Software (Mendoza-Moreno et al., 2013) para obtener resultados cualitativos, cuantitativos y mixtos.

La técnica de Focus Group permite validar procesos y propuestas a partir de la sinergia entre los participantes, compartiendo experiencias y puntos de vista sobre un tema central (Mendoza-Moreno et al., 2013). En este trabajo se contó con la participación de expertos en gestión de proyectos y mejora de procesos de software de México y Colombia.

4. Marco de Trabajo Propuesto

El Marco de Trabajo requerido debía de cumplir con las siguientes declaraciones: a) Establecer un Modelo de referencia de MP orientado a las organizaciones de desarrollo de software en el uso de la MP para explotar información y extraer el conocimiento existente en sus sistemas de información o bases de conocimiento; y b) Especificar una Guía técnica, como herramienta descriptiva que permita a los usuarios contextualizar la terminología (conocimiento tópico) asociada a la MP en la implementación de un proyecto de mejora de procesos o desarrollo de software.

La Figura 1 muestra el diseño arquitectónico del Marco de Trabajo centrado a la Identificación y Selección de Algoritmos y Herramientas de MP integrado por dos componentes: el Modelo de referencia MoProPEI-MP (Urrea-Contreras et al., 2018a) y una Guía técnica.

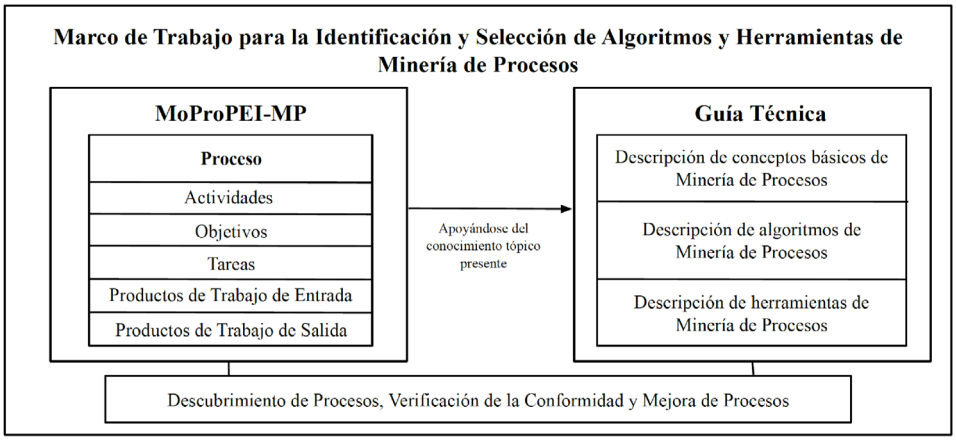


Figura 1 –Componentes del Marco de Trabajo para la Minería de Procesos

4.1. MoProPEI-MP

MoProPEI-MP como modelo de referencia se fundamenta en el enfoque de procesos, por lo que, para la identificación y selección de algoritmos y herramientas de MP propone el proceso de Modelado. Para la documentación del proceso, se establece un patrón de procesos en el que se especifican las actividades, objetivos, tareas, PT y el flujo de trabajo (Urrea-Contreras et al., 2018a). El flujo de trabajo se diseñó para apoyar a los líderes de proyectos, responsables de mejora de procesos de software, de

bases de conocimiento o tecnologías, entre otros, en la toma de decisiones asertivas de la selección de herramientas y algoritmos de MP adecuados para la solución de problemáticas identificadas.

La Figura 2 visualiza el flujo de trabajo de dos actividades (A1 y A2) del proceso de Modelado a través de sus seis tareas (T1.1, T1.2, T2.1, T2.2, T2.3, T2.4) y los siete PT. Los PT se especifican como PT de entrada y salida para cada actividad. No obstante, dependiendo de su comportamiento, pueden ser tanto de salida para una tarea así como de entrada para otra. Los siete PT son: PT1. Problemas de negocio identificados, PT2. Problemas a resolver, PT3. Identificación de la solución, PT4. Algoritmos de MP identificados, PT5. Algoritmos de MP seleccionados, PT6. Herramientas de MP identificadas y PT7. Herramientas de MP seleccionadas.

Las tareas de A1. *Modelado del problema* son: T1.1. Definir el problema a resolver en función de los problemas de negocio identificados bajo un enfoque de MP, y T1.2. Modelar el problema a resolver para la identificación de la solución bajo enfoque de MP. Las tareas correspondientes a A2. *Configuración del modelo* son: T2.1. Identificar los algoritmos de MP a partir de los problemas a resolver y la identificación de la solución, T2.2. Seleccionar los algoritmos de MP con base a los algoritmos de MP identificados, T2.3. Identificar las herramientas de MP a partir de los problemas a resolver con la identificación de la solución y los algoritmos de MP seleccionados, y T2.4. Seleccionar la herramienta de MP tomando en cuenta las herramientas de MP identificadas.

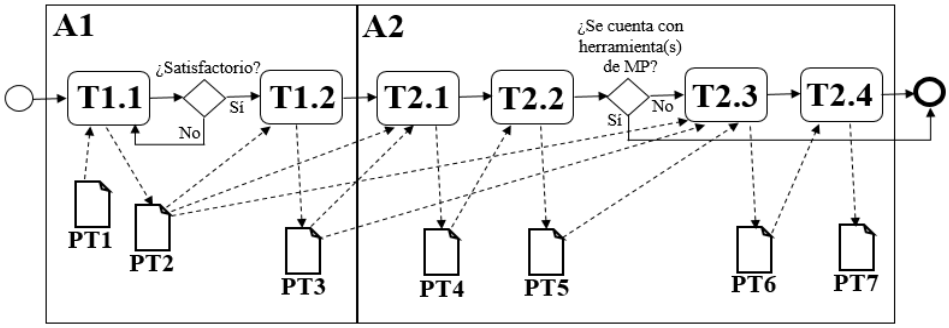


Figura 2 – Flujo de Trabajo de las tareas para la identificación y selección de algoritmos y herramientas de MP del proceso de Modelado en MoProPEI-MP

El flujo de trabajo puntualiza dos puntos de control, el primero es un mini-ciclo que se realizará hasta que se identifiquen y seleccionen los problemas que se desean mejorar de acuerdo al nivel de prioridades de los objetivos de negocio. El segundo punto de control sucede en caso de que ya se cuente con una herramienta de MP, lo anterior da origen al flujo de trabajo mínimo al no ejecutarse las tareas T2.3 y T2.4 gestionando sólo cinco PT. El contar con herramientas o sistemas de flujos de trabajo para el seguimiento de las actividades requeridas por un modelo de referencia de procesos brinda una ventaja adicional en el análisis de hallazgos en las evaluaciones.

La Tabla 1 presenta ejemplos de preguntas y técnicas asociadas a la gestión de los 7 PT definidos. El identificar las técnicas más apropiadas para dar respuesta a las preguntas fue con el objetivo de dar cumplimiento a las seis tareas con una mínima variación de la ejecución de las mismas. Se desea que la realización de las tareas apoye a los roles a mitigar riesgos en la selección de algoritmos y herramientas de MP en lo referente a aspectos económicos, incertidumbre y/o poca experiencia en el contexto de MP. Es necesario aclarar que los ejemplos de técnicas de este artículo son sugeridas; pero podrían añadirse otras técnicas sin que se afecte la esencia de las preguntas para la gestión de los PT.

Producto de Trabajo	**Preguntas**	**Ejemplos de Técnicas**
PT1	¿Cuál(es) problema(s) se está(n) presentando? ¿Por qué? ¿Cuál es el origen de los problemas identificados? ¿Qué se puede hacer para mejorar lo que ya existe?	- Reuniones cara a cara - Técnica grupo nominal - Árbol de problemas
PT2	¿Cuál es la prioridad de dichos problemas? ¿A qué tipo de minería de procesos se está afrontando el problema?	- Lluvia o gráfico de ideas - Línea del tiempo - Árbol de problemas
PT3	¿Cómo actuar frente a los problemas identificados? ¿Qué soluciones existentes se le puede asignar al problema? ¿Cómo se puede definir la solución apropiada?	- Diagrama Ishikawa - Diagrama causa y efecto - Diagrama de contingencia
PT4	¿Cuál(es) algoritmo(s) de MP puede(n) implementarse para la solución identificada?	- Guía Técnica - Lista de verificación - Mapa conceptual
PT5	¿Qué ventajas y desventajas tienen cada algoritmo de MP? ¿Cuál(es) algoritmo(s) de MP debo seleccionar?	- Lista o estructura de comparación - Matrices de ventajas y desventajas
PT6	¿Cuál(es) herramienta(s) de MP pueden procesar los algoritmos de MP seleccionados?	- Guía Técnica - Lista de verificación - Mapa conceptual
PT7	¿Qué ventajas y desventajas tienen cada herramienta de MP? ¿Cuál(es) herramienta(s) de MP debo seleccionar?	- Lista o estructura de comparación - Matrices de ventajas y desventajas

Tabla 1 – Especificación de preguntas y técnicas asociadas a la gestión de Productos de Trabajo en el proceso de Modelado

4.2. Guía Técnica

La Guía técnica es una descripción de los fundamentos relacionados a la disciplina de MP. Su propósito es brindar conocimiento tópico al describir, recopilar y presentar los conceptos relacionados a los algoritmos, técnicas y herramientas de la MP. La estructura de la Guía técnica se observa en la Tabla 2 compuesta por tres columnas correspondientes a las secciones, el contenido de cada una y las referencias donde se extrajo dicho concepto. Está orientada a ayudar a las organizaciones dedicadas al desarrollo de software a unificar y simplificar terminología propia de MP, haciendo uso del modelo de referencia MoProPEI-MP. De esta forma, se espera que los usuarios puedan contextualizar: la

descripción de los algoritmos alpha α, genético, heurístico y difuso; y siete herramientas de MP (PROM, Disco, Aris PPM, Perceptive Process Mining, CPN Tools, Process Analyzer, Interstage Process Discovery) identificados en (Urrea-Contreras et al., 2018b). Este listado puede actualizarse según los avances o propuestas futuras, por lo que se desea que la Guía técnica sea una fuente de información dinámica y extendible.

Sección	Contenido	Referencias
Términos (Conceptos básicos)	- Minería de Procesos - Registro de eventos - Conocimiento tópico - Conocimiento tácito - Enfoque local - Enfoque global	(Flores-Rios, 2016; Van der Aalst, 2016; TFPM – IEEE, 2011; Aguirre Mayorga y Rincón García, 2015; Rivas y Bayona-Oré, 2019; Keith y Vega, 2016; Lemos et al., 2011; Rubin et al., 2014; Turner et al., 2012; Urrea-Contreras et al., 2018a; Valle et al., 2017; Van der Aalst, 2015)
Tipos de Minería de Procesos	- Descubrimiento de procesos - Verificación de conformidad - Mejora de procesos	(Van der Aalst, 2016; TFPM – IEEE, 2011; Aguirre Mayorga y Rincón García, 2015; Lemos et al., 2011; Pérez-Alfonso et al., 2012)
Perspectivas de Minería de Procesos	- Perspectiva de flujo de control - Perspectiva organizacional - Perspectiva del caso - Perspectiva del tiempo	(Van der Aalst, 2016; TFPM – IEEE, 2011)
Algoritmos de Minería de Procesos	- Algoritmos α - Algoritmo genético - Algoritmo heurístico - Algoritmo difuso	(Van der Aalst, 2016; Ailenei, 2011; Chamorro y Maturana, 2013; Erdem et al., 2018; Gupta, 2014; Rivas y Bayona-Oré, 2019; Poncin et al., 2011; Urrea-Contreras et al., 2018b; Valle et al., 2017)
Herramientas de Minería de Procesos	- ProM - Disco - Aris PPM - Perceptive Process Mining - CPN Tools - Process Analyzer - Interstage Process Discovery	(Van der Aalst, 2016; Ailenei, 2011; Kebede, 2015; Lemos et al., 2011; Pérez-Alfonso et al., 2012; Poncin et al., 2011; Rubin et al., 2014; Turner et al., 2012; Urrea-Contreras et al., 2018b; Valle et al., 2017; Van der Aalst, 2015)

Tabla 2 – Estructura de la Guía Técnica

La primera sección corresponde a la descripción de conceptos básicos. La segunda sección es la especificación de los tres tipos de MP, lo cual favorece el establecimiento de una base que facilite la comprensión de hacia qué área fundamental se deben minar los datos contenidos en los registros de eventos, dependiendo de los problemas y/o necesidades identificadas que emerjan para su resolución. En la tercera sección, se exponen las perspectivas de MP (Rivas y Bayona-Oré, 2019) con una descripción de los aspectos del proceso de minado puesto que pueden superponerse parcialmente entre sí, por lo que resulta conveniente extender, modelar y analizar los registros de eventos con alguna perspectiva de MP para identificar patrones de procesos de desarrollo, detectar tendencias y/o realizar predicciones.

La cuarta sección presenta las características de los algoritmos mencionados en la Tabla 2, así como su pseudocódigo del algoritmo α y heurístico y pasos para su ejecución y limitaciones que se puedan obtener. Trabajos como el de (Chamorro y Maturana,

2013) han proporcionado una reseña de los algoritmos α, heurístico, difuso y genético en la implementación de la MP. Se identificó que (Gupta, 2014) y (Erdem et al., 2018) realizaron un análisis comparativo de algoritmos de MP considerando principalmente el genético, difuso y heurístico. Así mismo, en el trabajo de (Rivas y Bayona-Oré, 2019) se realizó una revisión de la literatura identificando 20 algoritmos de los cuales se observa que la mayoría utilizan redes Petri como técnica de modelamiento de procesos. La contribución de esta sección es presentar un análisis comparativo de algoritmos basándose en su descripción, formato de salida y problemas a desafiar.

Por último, en la quinta sección se especifican los elementos que se consideraron para la descripción de las herramientas, los cuales fueron: Desarrollador/Proveedor, sitio Web de la herramienta, el tipo de herramienta (comercial o de acceso libre), formatos de entrada y salida, plataformas en las que se pueden instalar, forma de adquisición y las características que poseen. Trabajos como los de (Turner et al., 2012) y (Kebede, 2015) llevan a cabo la descripción de herramientas como lo son ProM, Disco y Celonis. El contenido de la quinta sección auxilia a los roles en la selección asertiva de la(s) herramienta(s) de MP; la selección dependerá de las necesidades potenciales con la que los usuarios quieran interactuar con dicha(s) herramienta(s). Por un lado, existen usuarios con nivel de expertos que requieren responder preguntas específicas; y por otro, se encuentran los usuarios que solo buscan consultar descripciones generales de los procesos a través de la MP. Por este motivo, es importante conocer las diferentes características que cada herramienta de MP brinda.

5. Evaluación del Marco de Trabajo Propuesto

La evaluación del Marco de Trabajo se realizó por medio de la técnica de Focus Group orientada a la disciplina de Ingeniería de Software, propuesta por (Mendoza-Moreno et al., 2013) y con el objetivo de analizar los resultados de una evaluación empírica, basados en la experiencia, comentarios y hallazgos de los participantes.

El proceso de Focus Group se estructuró en cuatro etapas: 1) Planteamiento de la investigación, 2) Definición de grupos de discusión, 3) Conducción de la sesión de debate, y 4) Análisis de información y reporte de resultados.

5.1. Planteamiento de la investigación

Se determinó implementar la metodología mixta (Diseño exploratorio Secuencial - DEXPLOS) (Hernández-Sampieri et al., 2014), por medio de los métodos para la recolección de datos cualitativos y cuantitativos (entrevista semiestructurada y cuestionario, respectivamente), con el propósito de conocer el porqué de los datos cuantitativos en relación a los cualitativos. El objetivo del debate de Focus Group fue evaluar el Marco de Trabajo para la identificación y selección de algoritmos y herramientas de MP de acuerdo con el grado de aceptación o rechazo por parte de los participantes, quienes son expertos en el área de aplicación del Marco de Trabajo. Se empleó el documento *Recursos objeto de debate* con la síntesis de la propuesta. Se generó el documento *Recursos de planeación* donde se describe el contexto del debate, la estructura de Focus Group con los campos tema, duración y lugar de la sesión, fecha y hora; así como las personas que desempeñarán los roles de Moderador y Relator.

5.2. Definición de grupos de discusión

El grupo de participantes fue definido considerando los siguientes criterios: 1) Formación académica, 2) Adscripción a una institución de educación superior o al sector empresarial, y 3) Experiencia en Ingeniería de Software y/o en Mejora de Procesos de Software. De esta manera, se identificaron seis expertos (participantes) de México y Colombia. Posteriormente, se procedió a la segmentación de grupos, donde se especificó que el primer subgrupo corresponde a los participantes presenciales; mientras que el segundo subgrupo a los que colaboraron de manera virtual. Para cada participante se creó un código y ficha con información relacionada a los criterios y otros elementos específicos sobre su experiencia, como dominio de metodologías, certificaciones, años de experiencia o consultoría, entre otros.

5.3. Conducción de la sesión de debate

A los participantes se les proporcionó un resumen descriptivo de la propuesta apoyando la contextualización y generación de ideas, antes y durante el desarrollo de la sesión. Se puntualizaron los lineamientos para dar conformidad del cumplimiento satisfactorio del protocolo definido bajo una dinámica de discusión y retroalimentación. La captura de información generó el documento *Memorias del debate* con la información de la entrevista semiestructurada orientada a identificar lo que los expertos consideraron como aspectos positivos, observaciones/hallazgos y aspectos a mejorar del Marco de Trabajo, mientras que el cuestionario se diseñó para evaluar los aspectos generales utilizando 15 preguntas cerradas.

5.4. Análisis de información y reporte de resultados

En relación con el análisis de la información, se llevaron a cabo las actividades de:

1. Clasificar los datos cualitativos en 3 categorías: aspectos positivos, observaciones/hallazgos y aspectos a mejorar,
2. Catalogar los datos cuantitativos en 5 categorías: Marco de Trabajo, MoProPEI-MP, Guía Técnica, Herramientas y Algoritmos de MP, y
3. Contrastar los resultados cuantitativos y cualitativos para obtener resultados mixtos para realizar inferencias con toda la información recabada (Hernández-Sampieri et al., 2014).

En el análisis mixto, se realizó una trazabilidad de las 8 preguntas aplicadas en las entrevistas con las 15 preguntas del cuestionario, más las 5 categorías (Tabla 3). Con los resultados reportados, se analizaron las observaciones/hallazgos para que a partir de ellas, se realizaran algunas modificaciones al Marco de Trabajo.

Entrevista (No. de pregunta)	Cuestionario (No. de pregunta)	Categorías	
1,2	1, 3, 13, 14 y 15	Marco de Trabajo	
3	3 y 4	Actividades y Objetivos	
4	5	Tareas y Flujo de Trabajo	MoProPEI-MP
5	6 y 7	Productos de Trabajo	

Entrevista (No. de pregunta)	Cuestionario (No. de pregunta)	Categorías
6	8, 9, 12	Herramientas de MP
7	10 y 12	Algoritmos de MP
8	11	Guía Técnica

Tabla 3 – Trazabilidad de los instrumentos cualitativos y cuantitativos para el análisis mixto

6. Análisis de Resultados

En esta sección se presentan los resultados del análisis cualitativo, seguido del análisis cuantitativo, para finalizar con el análisis mixto.

Del análisis cualitativo se identificaron aspectos positivos, dentro de ellos está la utilidad del Marco de Trabajo para ayudar a una organización de desarrollo de software a incrementar sus niveles de capacidad de procesos con el objetivo de poseer prácticas de niveles de alta madurez. Así mismo, que las organizaciones pueden iniciar, complementar y especializar PT requeridos por los estándares o modelos de referencia de procesos con PT de MP. Por otro lado, como observaciones/hallazgos se identificaron la caracterización de los tipos de usuarios, el nivel de conocimiento que deben poseer, la capacitación técnica mínima requerida, definición de nuevos roles o responsabilidades de los proyectos de mejora de procesos. En los aspectos a mejorar, se identificó la precisión del flujo de trabajo y el establecimiento de puntos de control entre la secuencia de las tareas para el cumplimiento de los objetivos.

En el análisis cuantitativo, la recolección de datos se fundamenta en la medición. Se identificó que la categoría de Herramientas de MP fue aprobada al 100% con la asociación de 3 preguntas; seguida de la categoría de Algoritmos de MP con el 91.65% con 2 preguntas, de las cuales una se comparte con herramientas de MP. Del Marco de Trabajo, el componente Modelo de referencia MoProPEI-MP tuvo una aprobación del 83.34% con cinco preguntas, mientras que la Guía técnica obtuvo un 66.7% al presentar definiciones, tipos de minado y perspectivas de MP.

Los resultados del análisis mixto puntualizaron lo siguiente por cada una de las categorías:

1. *Marco de Trabajo:* El 100% de los participantes lo aprobaron como necesario para las organizaciones dedicadas al desarrollo de software. Durante las entrevistas, se identificó que la inclusión de la MP no es actualmente considerada por las organizaciones, mexicanas o colombianas con nivel de madurez 2 en CMMI-DEV, pero si se considera como parte del proyecto de mejora de procesos apoyaría con información valiosa para el cumplimento de los atributos de procesos requeridos por los niveles de alta madurez. Por otro lado, se identificó que se requiere un mayor grado de detalle de cada componente para facilitar el uso y entendimiento por parte de los usuarios.

2. MoProPEI-MP:

   Actividades y Objetivos: El 100% de los participantes indicaron que las actividades propuestas por MoProPEI-MP son apropiadas para interrelacionarse con prácticas de mejora de proceso de software. Se podría requerir de más conocimiento técnico para su aplicación pero los beneficios pueden verse reflejados en la autoevaluación del proyecto de mejora.

   Tareas y Flujo de Trabajo: Se identificó la omisión de un ciclo de la actividad A2 hacia la actividad A1 para retroalimentar el problema a resolver con la identificación de las características de los algoritmos de MP. También, se analizó la mantenibilidad con respecto a la identificación y selección de las herramientas de MP y establecer un flujo alterno desde la identificación y selección de los algoritmos de MP hacia la finalización del flujo de trabajo.

   Productos de Trabajo (PT): Los PT de cada actividad se consideraron requeridos por el 100% de los participantes.
3. *Guía Técnica:* Se reestructuró el formato de descripción de algoritmos y herramientas y perspectivas de MP para facilitar su comprensión y entendimiento por parte de los usuarios.
4. *Herramientas de MP:* El 100% de los participantes estuvo de acuerdo en la necesidad de utilizar herramientas de MP como parte del proceso de identificar y verificar la evidencia en la ejecución de las actividades de un proyecto de mejora. De igual manera, que la caracterización de las 7 herramientas de MP es suficiente, en un primer acercamiento, para conocer cómo abordar las actividades de descubrimiento de procesos, verificación de la capacidad y mejora de procesos desde el contexto de la MP.
5. *Algoritmos de MP:* Todos los participantes (100%) consideraron que los algoritmos de MP pueden ayudar en la identificación y análisis de los registros de eventos como evidencia de la ejecución de las actividades. De la misma manera, concordaron que las descripciones de los algoritmos de MP tienen alta probabilidad de ser requeridos en los procesos de análisis y que algunas herramientas los consideran bajo un criterio de caja negra.

7. Conclusiones

Las organizaciones de desarrollo de software poseen registros de la ejecución de las actividades de sus procesos, los cuales están almacenados en sus repositorios o son generados de manera automática por los sistemas de información. Este escenario permite poner en práctica la disciplina de la MP dentro de la Ingeniería de Software, con el propósito de obtener información relativa a sus procesos actuales para redefinir nuevas prácticas según las problemáticas identificadas y especificar nuevas lecciones aprendidas en sus proyectos de desarrollo de software o de mejora de procesos.

En este artículo se presenta el Marco de Trabajo para la Identificación y Selección de Algoritmos y Herramientas de Minería de Procesos orientado para las organizaciones de desarrollo de software, el cual contempla el modelo de referencia MoProPEI-MP y una Guía técnica de MP. El Marco de Trabajo propuesto fue sometido a una evaluación

empírica obteniendo como resultado una versión incremental, escalable y manejable de cada componente del mismo. La opinión de los participantes en la evaluación tipo Focus Group brindó dos tipos de visiones: 1) Experiencia en instituciones académicas y 2) Experiencia en la industria de software. A partir de la combinación de ambas visiones y del análisis de los resultados mixtos, actualmente se está trabajando con registros de eventos de procesos de software reales para que sean ejemplos base en la selección y aplicación de algoritmos de MP, en particular el algoritmo α. Se considera que el presentar ejemplos o casos de aplicación les permitirá a los roles involucrados generar nuevo conocimiento (tipo tácito) al contar con una mayor comprensión técnica en MP.

Como trabajo futuro, se realizará a manera de caso de estudio la implementación del Marco de Trabajo propuesto en dos organizaciones de desarrollo de software. El objetivo es explorar y explotar el conocimiento explícito existente en sus registros de eventos, como parte de la adopción de la MP en las prácticas diarias de responsables del área de mejora de procesos o tendencias tecnológicas.

Se concluye que dado el interés y desarrollo de propuestas en técnicas, algoritmos y herramientas orientadas a la MP, existe la necesidad de capacitar responsables de las base de conocimiento en temas de Ciencia de datos, Ciencia de procesos, técnicas y algoritmos de explotación de información, Big data, inteligencia artificial, minería de procesos de software, entre otros. Esto resalta la relevancia de la interdisciplinariedad de la MP con otras áreas de investigaciones emergentes y convergentes.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado bajo el número de beca 634421. Este trabajo está registrado ante el Departamento de Posgrado e Investigación de la UABC con clave 111/2113. Se agradece de manera especial a los expertos que participaron en la evaluación.

Referencias

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

Ailenei, I. M. (2011). Process Mining Tools: A Comparative Analysis. *Partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Business Information Systems*.

Chamorro, M., & Maturana, S. (2013). Método para aplicar minería de procesos a la distribución de bebestibles no alcohólicos. T*esis de Magíster en Ciencias. Universidad Católica. Santiago de Chile*. Obtenido de https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/2934/623146.pdf

Erdem, S., Demirörs, O., & Rabhi, F. (2018). Systematic mapping study on process mining in agile software development. *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination*, 289-299.

Flores-Ríos, B. L. (2016). Modelo de evolución de la gestión del conocimiento en mipymes, de acuerdo al nivel de madurez en un programa de mejora de procesos de software. *Universidad Autónoma de Baja California*.

Gupta, E. P. (2014). Process mining a comparative study. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communications Engineering, 3(11)*. doi:10.17148/ijarcce

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. *vol. 3*, México: McGraw-Hill.

Kebede, M. (2015). Comparative Evaluation of Process Mining Tools. *Master's Thesis. University of Tartu*.

Keith, B., & Vega, V. (2016). Process mining applications in software engineering. In *International Conference on Software Process Improvement* (pp. 47-56). Springer, Cham.

Kitchenham, B. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *EBSE Technical Report EBSE-2007-01*, Keele University and University of Durham.

Lemos, A., Sabino, C., Lima, R., & Oliveira, C. (2011). Using Process Mining in Software Development Process Management: A Case Study. Systems. *Man and Cybernetics (SMC)*, 1181-1186. doi:10.1109/ICSMC.2011.6083858

Martins, S., Pesado, P., & García-Martínez, R. (2014). Propuesta de Modelo de Procesos para una Ingeniería de Explotación de Información: MoProPEI. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 313-332. doi:10.18294/relais.2014.313-332

Mejia, J., Muñoz, M., & Rocha, Á. (2014). La Mejora de Procesos de Software a través de la Gestión de Procesos, el Outsourcing y la Adopción de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación. E1(DOI: 10.4304/risti.e1.vii-xi), VII,VIII,IX,X,XI.

Mendoza-Moreno, M., González-Serrano, C., & Pino, F. (2013). Focus group como proceso en ingeniería de software: una experiencia desde la práctica. *Dyna, 80(181)*, 51-60.

Pérez-Alfonso, D., Yzquierdo-Herrera, R., & Lazo-Cortés, M. (2012). Utilización de técnicas de minería de proceso en el entorno empresarial Cubano. *VII Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237843306

Pino, F. J., García, F., & Piattini, M. (2006). Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas. *REICIS. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, *2*(1), 6-23.

Poncin, W., Serebrenik, A., & Van den Brand, M. (2011). Process mining software repositories. *15th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, 5-13. doi:10.1109/CSMR.2011.5

Rivas, M. H., & Bayona-Oré, S. (2019). Algoritmos de Minería de Proceso para el Descubrimiento Automático de Procesos. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (31), 33-49. doi: 10.17013/risti.31.33–49

Rubin, V., Lomazova, I., & Van der Aalst, W. (2014). Agile Development with Software Process Mining. *2014 International Conference on Software and System Process (ICSSP 2014), 70-74. doi:10.1145/2600821.2600842*

Štolfa, J. (2018). Application of Process Mining in Intelligent Process Support. *PHD thesis*.

TFPM – IEEE Task Force on Process Mining. (2012). Process Mining Manifesto. In F. Daniel (Ed.), *Business Process Management Workshops. BPM 2011. Lecture Notes in Business Information Processing*, *vol 99*, pp. 169-194. Spinger, Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-28108-2_19

Turner, C. J., Tiwari, A., Olaiya, R., & Xu, Y. (2012). Process mining: from theory to practice. *Business Process Management Journal, 18(3)*, 493-512.

Urrea-Contreras, S. J., Flores-Rios, B. L., Astorga-Vargas, M. A., Ibarra-Esquer, J. E., & González-Navarro, F. F. (2018a). MoProPEI-MP an Adaptation in the Selection of Process Mining Tools for Software Processes. *Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería de Software e Ingeniería del Conocimiento 2018*, 151-162.

Urrea-Contreras, S. J., Flores-Rios, B. L., Astorga-Vargas, M. A., Ibarra-Esquer, J. E., & Burtseva, L. (2018b). Adopción de Herramientas de Minería de Procesos en la Ingeniería de Software. *Abstraction & Application, 20*, 24-37.

Valle, A., Santos, E., & Loures, E. (2017). Applying process mining techniques in software process appraisals. *Information and Software Technology, 87*, 19-31. doi:10.1016/j.infsof.2017.01.004

Van der Aalst, W. (2015). Extracting Event Data from Databases to Unleash Process Mining. *Management for Professionals, BPM - Driving Innovation in a Digital World*, 105-128. doi:10.1007/978-3-319-14430-6_8

Van der Aalst, W. (2016). Process mining: data science in action. *Springer*. doi:10.1007/978-3-662-49851-4

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

Recebido/Submission: 14/07/2019
Aceitação/Acceptance: 06/10/2019

Propuesta de un sistema de evasión de obstáculos para un drone aplicado a la inspección en redes eléctricas de distribución y transmisión

Carrasco Alex[1], Chávez Freddy[2], Ruth Barba[3], Sandra Barrazueta[4]

novatronic.ac@gmail.com, freddy.chavez@espoch.edu.ec, ruth.barba@espoch.edu.ec, sbarrazueta@espoch.edu.ec

[1] Novatronic S.A, Av. Víctor Hugo y Jácome Clavijo, Ambato-Ecuador.

[2] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador.

[3] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador.

[4] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Panamericana Sur km 1 1/2, Riobamba-Ecuador.

Pages: 364–379

Resumen: La investigación se centró en la construcción de un sistema de evasión de obstáculos para un drone dedicado a la inspección en redes de distribución y transmisión. Es conveniente realizar inspecciones para captar imágenes visuales y termográficas de los elementos de la red, sin embargo, este proceso es peligroso y costoso por la seguridad que demanda. El prototipo incorpora un sistema de detección y evasión de obstáculos capaz de detectar cables eléctricos para mejorar la seguridad del drone y el personal, incorpora un sistema de comunicación inalámbrica que garantiza el control y visualización de datos e imágenes en tierra. Las pruebas dieron como resultados: un rango de 0.60m hasta 3.6m para detección de cables, 0.5m hasta 2m para detección lateral y 150m como distancia máxima de comunicación inalámbrica entre el prototipo y la estación en tierra, con una autonomía de vuelo de 12 minutos. Esta herramienta de bajo costo, en la obtención de información confiable y necesaria para la supervisión de líneas de transmisión y distribución.

Palabras-clave: Robótica, Inspecciones a líneas eléctricas, Multirotor, Sensor LIDAR, Evasión autónoma.

Proposal of an obstacle evasion system for a drone applied to the inspection in distribution and transmission networks

Abstract: The present research project centered in the construction of an obstacle evasion system for a drone dedicated to inspection in distribution and transmission networks. It is convenient to carry out inspections to capture visual and thermographic images of the elements of the network, however, this process is dangerous and expensive due to the security it demands. The prototype incorporates an obstacle detection and evasion system capable of detecting electric cables to improve the safety of the drone and personnel, incorporating a wireless

communication system that guarantees the control and visualization of data and images on the ground. The tests gave as results: a range 0.60m to 3.6m for cable detection, 0.5m to 2m for lateral detection and 150m as the maximum distance of wireless communication between the prototype and the ground station, with a flight autonomy of 12 minutes. This low cost tool, in obtaining reliable and necessary information for the supervision of transmission and distribution lines.

Keywords: Robotics, Inspections to electrical lines, Multirotor, LIDAR sensor, Autonomous evasion.

1. Introducción

El desarrollo tecnológico avanza a pasos agigantados, cada año la demanda de energía eléctrica aumenta (nternational Energy Agency, 2018) (Revista Lideres, 2019). Para garantizar la cobertura de energía eléctrica, esta pasa por tres etapas: generación, transmisión y (Michael, 2018). Por lo que toda la infraestructura eléctrica debe funcionar en perfecto estado.

La red de distribución y transmisión es la parte del sistema de suministro constituida por los elementos necesarios para transportar la energía eléctrica hasta los puntos de consumo a través de grandes distancias (Martin , 2018). Están constituidas por elementos ubicados en alturas, alejados por seguridad del alcance de las personas, generalmente estas infraestructuras lineales se sitúan en entornos de difícil acceso terrestre (Reinoso delgado, 2015).

Cada elemento de la red eléctrica está en riesgo de sufrir una serie de defectos que pueden conllevar pérdidas energéticas o riesgos de seguridad mayores. Por lo tanto, es conveniente revisar todos los elementos de la red eléctrica para prevenir cualquier problema. Existen dos maneras de inspeccionar las líneas eléctricas, una de ellas cuando los técnicos especializados suben a las torres de alta tensión con equipos de seguridad para captar fotografías a los elementos de la red y otra mediante helicópteros tripulados que captan imágenes visuales y termográficas de toda la infraestructura (Michael, 2018). Las imágenes visuales sirven para detectar defectos o anomalías en los elementos de la red eléctrica como: apoyos, aisladores, conductores, herrajes y balizas (Reinoso delgado, 2015). En cambio, las imágenes termográficas se utilizan para buscar puntos calientes asociados a un contacto inadecuado o a otro tipo de defecto que conviene analizar y no es perceptible en la imagen del espectro visible (infraestructuras., 2018) (Poyato, 2010). Es posible sustituir los costosos vuelos con helicópteros con el uso de drones para captar imágenes a lo alto de forma segura y económica evitando los trabajos en altura de los operarios, impidiendo situaciones de riesgo personal (Poyato, 2010) . El pilotar un drone no es una tarea fácil, para volar el drone por medio de visión en primera persona (FPV) (Frias, 2015), se requiere de una cámara que transmita imágenes a un monitor, pero al volarlo de esta forma se pierde la percepción de profundidad (ITEAD, 2017), con lo que no se conoce la distancia a la que se encuentran los objetos frente a la cámara y se corre el riesgo de colisionar. Los drones industriales no cuentan con un sistema de detección de obstáculos, los sistemas existentes en el mercado no son compatibles con drones de otras marcas, además de tener un costo elevado (David, 2016). Estos sistemas comerciales utilizan generalmente cámaras estéreo de baja resolución y algoritmos de visión artificial para la detección de obstáculos, pero ninguno de estos es capaz de detectar

cables eléctricos debido a su tamaño reducido. En vista a lo planteado se ha identificado como problemática el peligroso y costoso proceso de inspecciones a la infraestructura eléctrica. Se plantea la construcción de un drone equipado con un sistema de detección y evasión de obstáculos para realizar inspecciones en redes eléctricas de distribución y transmisión capaz de detectar y evadir cables eléctricos a una distancia segura. Este sistema sirve como asistente de vuelo, acortando los tiempos y recursos que se empleaban en una inspección tradicional reduciendo en gran parte los peligros relacionados a la.

2. Metodología

Para desarrollar la propuesta de sistema de evasión de obstáculos para un drone aplicado a la inspección en redes de distribución y transmisión, se realizó un análisis histórico bibliográfico de datos relacionados con la problemática para establecer requerimientos funcionales *hardware* y *software*, con lo cual se planteó una concepción general del diseño acompañada del análisis detallado de cada una de las partes que lo integran, así como los esquemas electrónicos y algorítmicos, que derivan en la implementación final. Para la obtención y análisis de resultados se emplearon pruebas estadísticas. A continuación, se detalla el procedimiento aplicado.

2.1. Arquitectura de hardware del prototipo

En la figura 1, se presenta la arquitectura de hardware conformado por la etapa de obtención de datos donde se encuentran los sensores de distancia encargados de enviar información del entorno hacia la etapa de procesamiento. Esta a su vez contiene

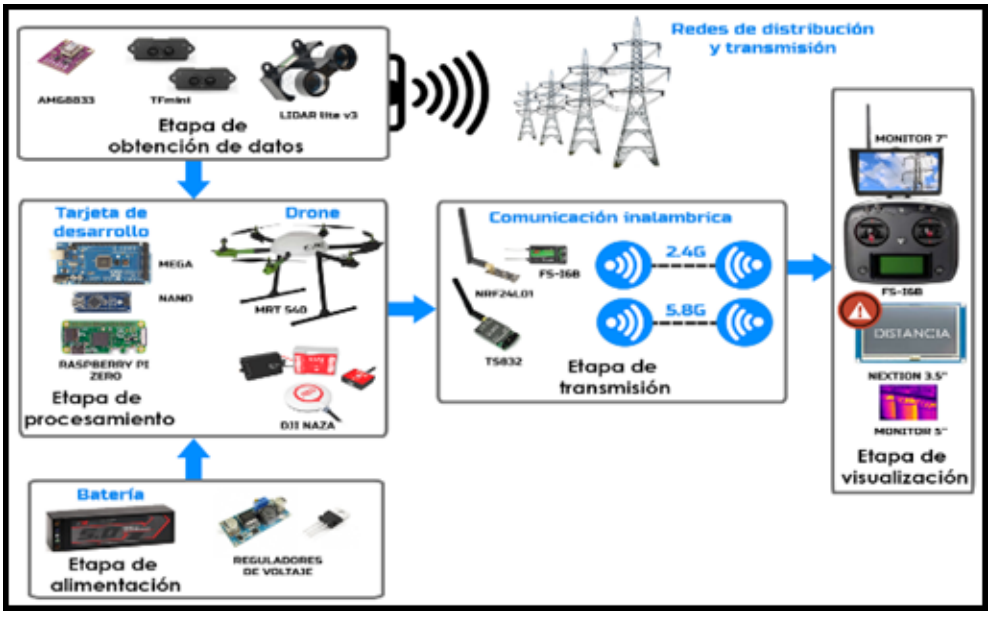


Figura 1 – Arquitectura de hardware del prototipo

como procesador la tarjeta de desarrollo Arduino Nano que recibe la información proveniente de los sensores. En este bloque se encuentra programado el algoritmo de detección y evasión de obstáculos. El microcontrolador a bordo se encarga del procesamiento de las señales enviadas por los sensores y a su vez, de proporcionar las órdenes al drone de evadir los obstáculos. La etapa de transmisión envía los datos procesados por medio de comunicación inalámbrica hasta la etapa de recepción para luego poder ser visualizados por la estación de monitoreo en tierra. En la estación se generan alertas visuales y sonoras en caso de detectar obstáculos e informar la distancia a la que se encuentran. La etapa de alimentación suministra la energía necesaria para el funcionamiento de todos los componentes del sistema.

2.2. Diseño de las etapas de hardware del prototipo

Una vez analizada la arquitectura de hardware del prototipo y para una mejor comprensión del funcionamiento a continuación, se detallan cada una de las etapas que conforman el sistema.

2.2.1. Etapa de alimentación

Es la etapa encargada de suministrar la energía necesaria a todos los componentes electrónicos. Está conformado por los reguladores de tensión con el fin de reducir el voltaje proveniente de la batería hasta un voltaje capaz de soportar la tarjeta de desarrollo y los sensores.

2.2.2. Etapa de obtención de datos

En la figura 2, se representa el diagrama de bloques de esta etapa, su función es receptar las señales provenientes de los sensores para posteriormente en el bloque de procesamiento ser transformados a valores de distancia. Permiten al usuario conocer en tiempo real la distancia a la que se encuentran los obstáculos alrededor del mismo.

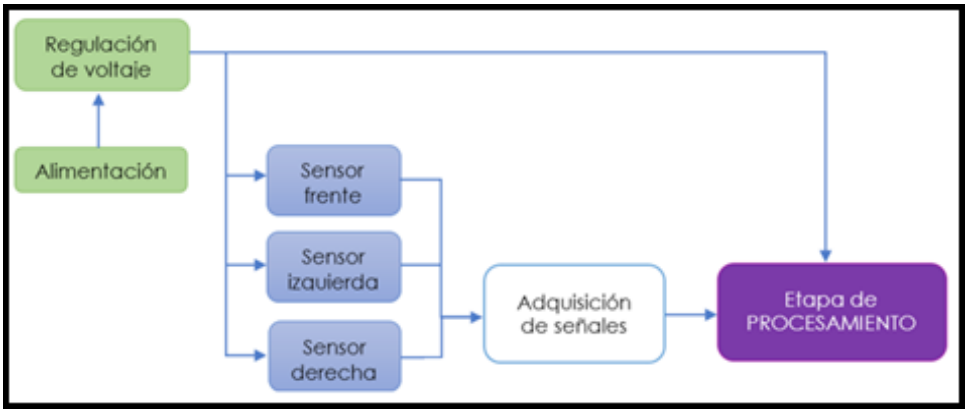


Figura 2 – Diagrama de bloques de la etapa de obtención de datos

2.2.3. Etapa de procesamiento

Las señales receptadas por los sensores de distancia son procesadas, junto con las señales provenientes del receptor de radiofrecuencia. Una vez procesadas por el microcontrolador se generan señales de salida, encargadas de proporcionar los movimientos de evasión al drone. En esta etapa se programa un controlador Proporcional, Integral y Derivativo (PID) (Mazzone, 2017) que genera señales de Modulación por Ancho de Pulso (PWM, por sus siglas en inglés) (Servomotor, 2017) a las salidas que a su vez se conectan a los canales 1 y 2, de la placa controladora de vuelo de cabeceo (pitch) y de alabeo (roll) respectivamente. Estas señales actúan en paralelo con las que se reciben por el mando de radiofrecuencia y controlan los movimientos del drone. En la figura 3, se puede observar el diagrama de bloques de esta etapa.

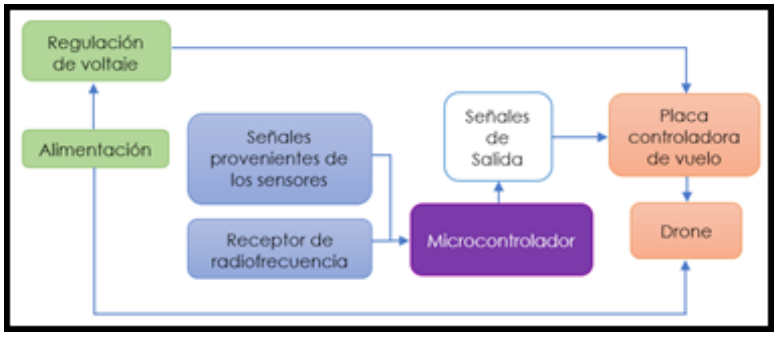


Figura 3 – Diagrama de bloques de la etapa de procesamiento.

2.2.4. Etapa de transmisión

La información proveniente de los sensores una vez procesada es transmitida mediante comunicación inalámbrica a la estación de monitoreo en tierra. Esta transmisión se realiza mediante el uso de transceptores que envían los datos por medio de una conexión serial. En este tipo de comunicación la conexión se realiza por medio de los terminales Transmisión (Tx) y Recepción (Rx) y los datos se envían bit a bit de forma bidireccional. En la figura 4, se puede visualizar el diagrama de bloques de la etapa.

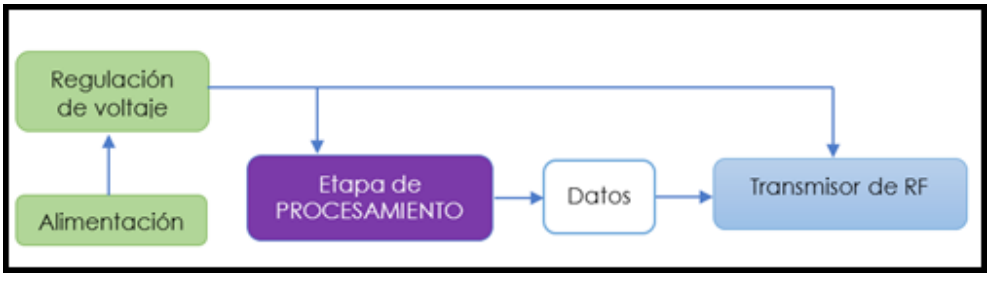


Figura 4 – Diagrama de bloques de la etapa de transmisión.

2.2.5. Etapa de recepción y visualización

Los datos transmitidos por el prototipo son receptados en tierra, estos datos de información son visualizados en la estación de monitoreo en tierra, la cual consta de una pantalla acoplada al radio control del drone, en la cual se puede visualizar la distancia de los sensores y proporcionar alertas: visuales y sonoras. En la figura 5, se observa el diagrama de bloques de esta etapa, para la Raspberry pi y el sensor térmico.

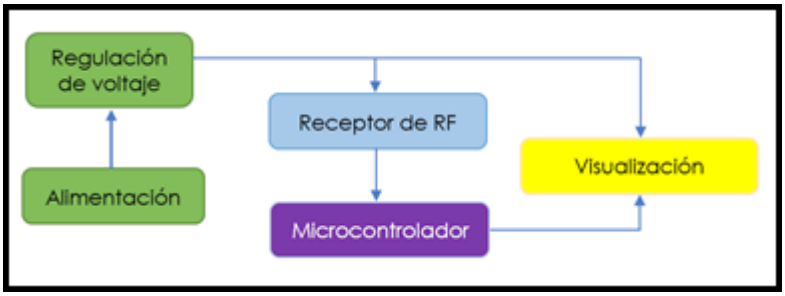


Figura 5 – Diagrama de bloques de la etapa de recepción y visualización.

En la figura 6 se presenta los diagramas de conexión de las etapas del prototipo implementado, que en orden detalla las conexiones del procesador centra l, de la estación de monitoreo en tierra, de la conexión del sensor térmico, de controladora de vuelo DJI Naza y del procesador esclavo.

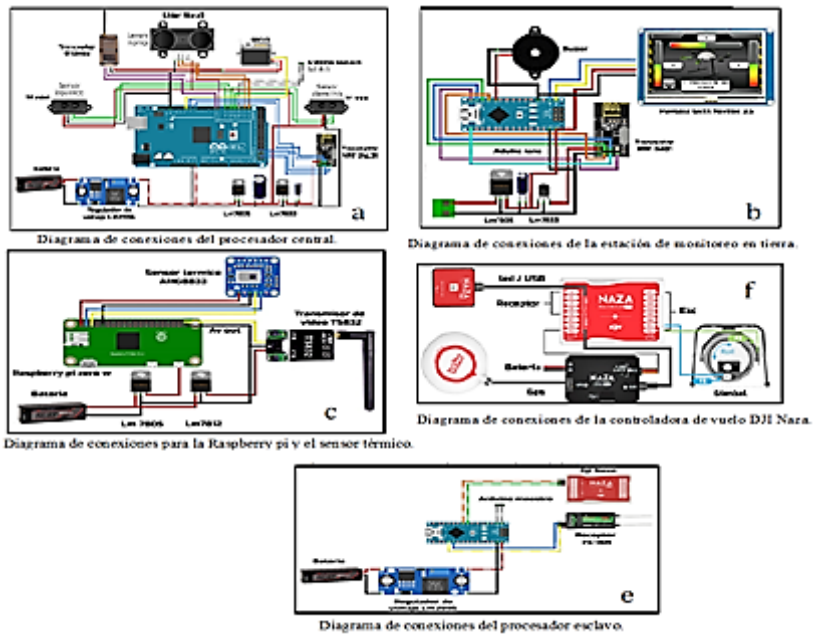


Figura 6 – Diagramas de conexión por etapas del prototipo implementado.

2.3. Arquitectura de software del dispositivo

Para el desarrollo de software se utilizó programas gratuitos, para la programación de los procesadores se empleó la plataforma Arduino IDE, ambiente de desarrollo integrado basado en C++ (Arduino, 2019), un código abierto multipropósito con gran soporte. Se empleó para la programación de la Raspberry pi, el sistema operativo raspbian y la plataforma de código abierto Python.

2.3.1. Desarrollo del código para el procesador esclavo

Para evitar un colapso del sistema, se dividieron los procesos en dos procesadores. El Arduino Mega (Arduino, 2019) se encarga de la lectura de los sensores, procesamiento de evasión y transmisión de datos. Para la lectura del mando radio control (RC) y las órdenes de evasión se utiliza un Arduino nano (Arduino, 2019). Este se comunica con el Arduino Mega maestro mediante comunicación serial.

2.3.2. Diagrama de conexión de la estación de monitoreo en tierra

La estación de monitoreo en tierra contiene las pantallas para la visualización del video que transmite la cámara de alta definición y las imágenes en infrarrojas que genera el sensor térmico. En la pantalla Nextion (ITEAD, 2017) se visualizan los datos de distancia que son generados por el sistema de detección y evasión de obstáculos, estos datos se presentan en barras de progreso que indican la proximidad del drone hacia un obstáculo. A continuación, se detallan las librerías usadas para la programación de la estación de monitoreo en tierra.

2.3.3. Diagrama de conexión para el sensor térmico

Para configurar la pantalla nextion, primero se crea un documento y selecciona el modelo de la pantalla, en este caso la pantalla usada para el prototipo es de 3.5 pulgadas, el modelo es NX4832T035_011. Este código indica la resolución de la pantalla y el tamaño, la resolución de la pantalla es de 480x320 pixeles. En la Figura 7, se observan las pantallas programadas.



Figura 7 – A) Pantalla principal. B) Pantalla de configuración.

2.3.4. Diagrama de conexión para el sensor térmico

Para el funcionamiento del sensor AMG8833 y la visualización de las imágenes térmicas como se observa en la Figura 8, es importante instalar las librerías necesarias en Python. (MILLER, s.f.)

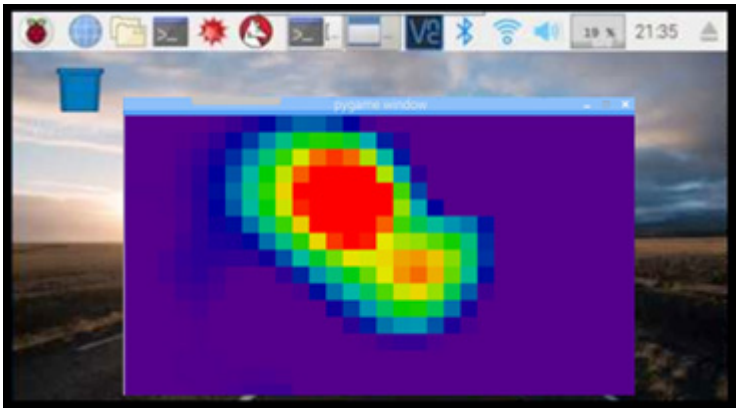


Figura 8 – Imagen térmica generada por el sensor AMG8833.

3. Implementación del prototipo.

En la Figura 9, se observa el prototipo implementado con dimensiones de 10x15x15 cm largo ancho y espesor respectivamente, y con un peso de 350gramos, con el cual se realizaron las pruebas de funcionamiento para validarlo.

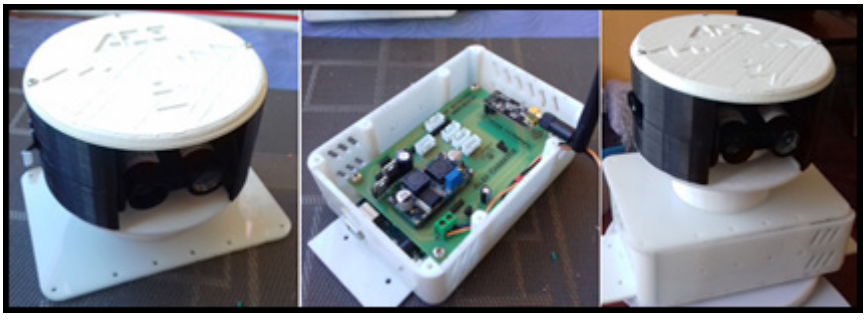


Figura 9 – Prototipo implementado.

3.1. Implementación de la protección estructural.

Para construir la protección estructural del dron se procedió a seleccionar materiales ligeros y resistentes, como fibra de vidrio y masilla plástica, en la figura 10 se observa la estructura de protección.

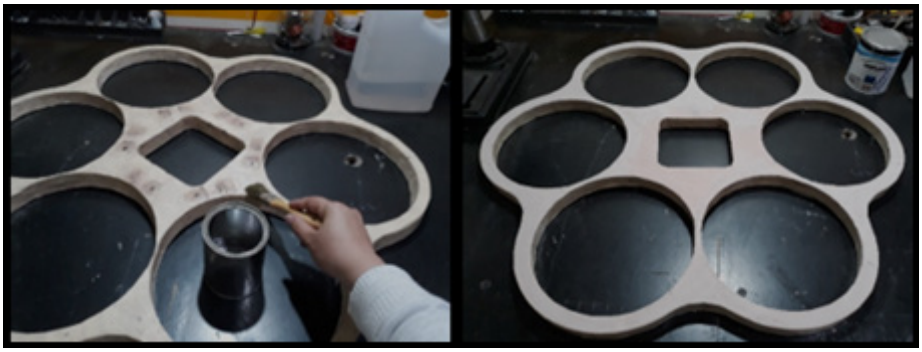


Figura 10 – Proteccion estructural.

3.2. Implementación de la estación de supervisión en tierra.

Como estructura de contención se utiliza un maletín de aluminio con el fin de proteger a las pantallas y monitores. En este se encuentran los componentes de recepción y visualización como son: las pantallas que muestran el video transmitido por de la cámara de alta definición, y el que recepta las imágenes registradas por el sensor térmico. Contiene la pantalla táctil en la que se visualiza la información de los sensores y se realizan las configuraciones del prototipo. En la Figura 11, se observa el prototipo de la estación de supervisión en tierra implementada.



Figura 11 – Porottipo de la estación de supervisión en tierra implementada.

4. Pruebas aplicadas al Prototipo

En la figura 12 se aprecia el prototipo implementado, al cual se planificaron un conjunto de pruebas para evaluar si cumple con los requerimientos necesario de funcionamiento y desempeño para el trabajo en el cual será aplicado, a continuación, se detallas cada una de ellas.



Figura 12 – Prototipo implementado.

4.1. Análisis de medición de distancia con el sensor Lidar Lite v3

El desarrollo de esta prueba tuvo como objetivo verificar que el sensor Lidar Lite v3 (SPARKFUN, 2019) incorporado al prototipo, toma valores reales de distancia a la cual se encuentra los obstáculos. Para lo cual se recabaron 30 muestras a distancias entre 0.50 a 15 m, con una variación de 0.50 m entre ellas y se comparó con un equipo de medición patrón como se observa en la Figura 13.



Figura 13 – Toma de muestras del sensor Lidar lite.

Con los resultados experimentales se determinó que el sensor mide valores reales con una baja desviación estándar que indica homogeneidad de la muestra. El error calculado fue de 0.027 m sin filtrar y aplicando un filtro de media se tiene un error de 0.018m, y se determinó que el filtro de media es eficaz en la reducción del error del sistema en un 33%.

4.2. Análisis de medición de distancia con los sensores Lidar TFmini

Para determinar la exactitud al medir distancias con los sensores TFmini (SPARKFUN, 2019) y comprobar que el código no incluye errores, se tomaron en total 30 muestras, desde los 0,30 metros hasta los 9 metros, que al ser comparado con un equipo de medición patrón como se observa en la Figura 14.



Figura 14 – Recopilación de datos con los sensores TFmini.

Se verifico que el prototipo mide valores con un error absoluto promedio de 0.0297 metros para el sensor derecho y 0.0287 metros para el sensor izquierdo, además que la desviación estándar indica una muestra homogénea lo que refleja que el prototipo implementado es estable.

4.3. Prueba de Regreso a casa del prototipo

La función Regreso a casa permite al prototipo retornar de manera autónoma al punto de despegue, en caso que el mismo pierda conexión con el mando en tierra. Con esta finalidad el prototipo integra un dispositivo GPS, y para determinar el nivel de confianza de la función se tomó 10 muestras aleatorias comparando las coordenadas del punto de despegue con el punto de aterrizaje. En la figura 15, se observa el proceso que mantuvo el desarrollo de esta prueba.



Figura 15 – Desarrollo de pruebas de regreso a casa.

La prueba consistió en realiza una comparativa entre las coordenadas de despegue respecto a las coordenadas de aterrizaje tomadas con la ayuda de la aplicación google maps, para cada una de las muestras tomadas se calculó el error usando la fórmula del Haversine (Diaz, 2012). En base a los resultados obtenidos se concluyó que el radio de error de la función fue de 1.409m, siendo un valor muy pequeño al tratarse de distancias dentro del globo terráqueo.

4.3. Prueba del sistema anticolisiones para detección de cables

Para establecer el rango de distancia de detección del prototipo con cables en líneas de transmisión y distribución se tomó 14 muestras donde se evidenció la efectividad del sistema variando la distancia 0.3 metros entre cada muestra. El desarrollo de esta prueba se ilustra en la Figura 16.



Figura 16 – Proceso de prueba de detección de cables.

4.4. Prueba del sistema anticolisiones para detección lateral de obstáculos

El sistema anticolisión tiene un ángulo de visión de 180° grados horizontalmente que incluye los laterales de protección del prototipo, para establecer el nivel de confianza del sistema se tomó 12 muestras variando la distancia 25 centímetros entre cada muestra. En la Figura 17, se observa cómo se realizó la prueba de obstáculos con el prototipo.



Figura 17 – Proceso de prueba de detección lateral de obstáculos.

Se determinó que tiene un rango de 0.5m como distancia mínima y 2m como distancia máxima. Cumpliendo con los requerimientos establecidos como distancia mínima segura del prototipo a un obstáculo de 1m.

4.5. Prueba del rango de comunicación inalámbrica

La distancia del prototipo respecto al usuario y la estación de monitoreo establece una comunicación y transmisión de datos óptima, para establecer el rango de funcionamiento óptimo se realizó esta prueba donde se verificó las condiciones de funcionamiento con el drone estático desde los 25m hasta 500m en línea recta, con un total de 20 muestras. El desarrollo de esta prueba se visualiza en la Figura 18.



Figura 18 – Desarrollo de prueba comunicación inalámbrica.

Una vez analizado los datos recabados se estableció la distancia máxima para una comunicación inalámbrica óptima en 150 m, otorgando al prototipo un rango bastante amplio que cumple con los requerimientos establecidos en su el diseño.

4.6. Prueba del sensor térmico AMG8833

El objetivo de esta prueba fue comprobar si las mediciones de temperatura del sensor son correctas y el código no incorpora error al sensor. Se conoce el error propio del sensor es de 1.5°C. Para esta prueba se tomaron 10 muestras de imágenes térmicas generadas



Figura 19 – Desarrollo de la prueba para el sensor térmico.

por diferentes fuentes de calor aumentando en 8°C hasta los 80°C, y se compararon con un equipo patrón. En la Figura 19, se observa la obtención de datos del sensor térmico.

Una vez analizados los datos se concluye que el error absoluto del sensor es de 1.58°C con lo que se determina que el sensor es confiable para esta aplicación.

4.7. Prueba de peso y autonomía del prototipo

El tiempo de autonomía para cualquier drone es inversamente proporcional al peso del mismo, por lo tanto, se tomó 5 muestras comparando la autonomía de vuelo con diferentes pesos adicionales. En la Figura 20, se evidencia el desarrollo de esta prueba. De la cual se determinó que el peso total máximo seguro es 3.6 kg con una autonomía de vuelo de 12.1 min, cumpliendo con los requerimientos planeados.



Figura 20 – evidencia de desarrollo de pruebas de autonomía y peso.

5. Conclusiones

Se construyó un sistema de evasión de obstáculos para un drone aplicado a la inspección en redes de distribución y transmisión para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., basado en tres sensores tipo Lidar capaces de detectar y evitar una colisión con cables, y elementos en las líneas durante una inspección, además posee una transmisión de radiofrecuencia a 2.4 GHz para visualizar datos termo gráficos, de distancia y video en tiempo real.

Con las pruebas de comprobación de mediciones se evidencia que el sistema anticolisiones puede medir valores de distancia reales, con un error promedio de ±0.0254 m, que asegura una detección correcta de obstáculos. Además, que al aplicar un filtro de media se reduce el error en un 33%.

La función de regreso a casa del prototipo establece el radio de error de 1.409m respecto a las coordenadas de despegue, un valor muy bajo tratándose de distancias dentro del globo terráqueo; afirmando que el GPS incorporado es muy confiable y seguro.

El sistema anticolisiones luego del análisis de detección de cables respecto al sensor frontal y detección obstáculos para los sensores laterales presenta un rango de detección de 0.60m como distancia mínima y 3.6 m como distancia máxima para cables, y 0.5m como distancia mínima y 2m como distancia máxima en detección lateral, lo que

garantiza una correcta detección y evasión de obstáculos; precautelando la seguridad del drone al momento de realizar una inspección a la red eléctrica.

La prueba de rango de comunicación inalámbrica establece 225 m como distancia máxima para la recepción del radiocontrol, 150m para transmisión de video y 500m para transmisión de datos, estas distancias aseguran una buena calidad de transmisión. Sin embargo, una comunicación óptima de cada elemento con el drone se establece en un rango de 0m hasta 150m.

La autonomía de vuelo del prototipo resulta de un análisis de peso donde se define las restricciones del mismo en un valor máximo de 3.6kg, que garanticen un vuelo sin vibraciones de 12 minutos y una transmisión confiable de datos.

Al hacer una comparativa de costos de equipos similares con el prototipo implementado resulta 79.44% más económico, además que el sistema anticolisiones construido es modular y puede ser fácilmente instalado en otro equipo, lo que constituye un aporte a la ciencia en la medición de líneas de transmisión y distribución precautelando la vida del ser humano y obteniendo valores reales de medición. Este prototipo se ha probado en campo en la EERSA del Ecuador dando excelentes resultados que se pueden aplicar en sitios similares, con este aporte la academia contribuye a solucionar problemas del mundo real, facilitando el trabajo al usuario y garantizando los valores de medición para una toma de decisiones por parte de personal especializa.

Referencias

ARDUINO. (2019). Recuperado el 2019, de https://www.arduino.cc/en/main/software

David. (s.f.). *Evitación de obstáculos: un gran paso para los drones*. Recuperado el 21 de 12 de 2015, de https://www.minidrons.com/evitacion-de-obstaculos-un-gran-paso-para-los-drones/

Diaz, A. I. (2012). *41jaiio.sadio.org.ar*. Recuperado el 2019, de http://41jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/41_EST_2012.pdf

Frias, T. (s.f.). *Que significa FPV o UAV?* Recuperado el 17 de 09 de 2014, de http://rc-saltillo.yolasite.com/fpv-uav/que-significa-fpv-o-uav-.

funciona?, s. ¿. (s.f.). *ingmecafenix.com*. Recuperado el 08 de 10 de 2018, de http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/servomotor/.

infraestructuras., A. d. (2018). *Structuralia*. Obtenido de https://blog.structuralia.com/aplicaciones-de-los-drones-a-la-ingenieria-la-termografia-aerea-en-la-inspeccion-y-deteccion-de-infraestructuras.

ITEAD. (2017). *itead.cc*. Recuperado el 2019, de https://www.itead.cc/nextion-nx4832t035.html

Martin , S. (09 de 29 de 2018). *Transporte de Electricidad, lineas de alta tension* . Recuperado el 2018, de https://tecnoblogsanmartin.wordpress.com/

Mazzone. (s.f.). *Controladores PID,Centrífugo De Watt*. Obtenido de http://dea.unsj.edu.ar/control2b/cpid.pdf

Michael, C. (s.f.). *INSST Instituto Nacional de Seguridad y Salud del Trabajo*. Recuperado el 2019, de https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/76.pdf

MILLER, D. (s.f.). *Arduino Wiring & amp_Test_Adafruit AMG8833 8x8 Thermal Camera*. Recuperado el 02 de 10 de 2018, de https://learn.adafruit.com/adafruit-amg8833-8x8-thermal-camera-sensor/arduino-wiring-test

nternational Energy Agency. (2018). *webstore.iea.org*. Recuperado el 2019, de https://webstore.iea.org/download/summary/190?filename=spanish-weo-2018-es.pdf

R., P. (2010). Termografia en sistemas de distribución eléctrica eléctrica. Online Dpto. soporte técnico de Fluke Ibérica. Iberica: Fluke.

Reinoso delgado, R. (2015). *aplicaciones de drones a las lineas electricas*. Recuperado el 2017, de RED electrica de España

Revista Lideres. (2019). *Lìderes*. Recuperado el 2019, de https://www.revistalideres.ec/lideres/demanda-energia-electrica-informe-produccion.html

SPARKFUN. (s.f.). *sparkfun.com*. Recuperado el 2019, de https://www.sparkfun.com/products/15179

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

Recebido/Submission: 02/09/2019
Aceitação/Acceptance: 30/11/2019

Avaliação do uso do aplicativo VoiceGuard por professores a partir do mapa de experiências

Christina César Praça Brasil[1], Renata Coelho Fonteles[2], Raimunda Magalhães da Silva[3], José Eurico Vasconcelos Filho[4]

cpraca@unifor.br, renata_fonteles@hotmail.com, rmsilva@unifor.br, euricovasconcelos@unifor.br.

[1] Professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Rua Mário Alencar Araripe, 1346, Sapiranga, CEP: 60.833-163, Fortaleza, Ceará, Brasil

[2] Mestre em Saúde Coletiva pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Rua Gonçalves Ledo 829, ap 402, Aldeota, CEP: 60.110-261, Fortaleza, Ceará, Brasil

[3] Professora do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da Universidade de Fortaleza – UNIFOR. Rua Bento Albuquerque, 2300, ap. 1102, Cocó, CEP: 60.192-050, Fortaleza, Ceará, Brasil

[4] Professor de Engenharia da Computação e do Mestrado Profissional em Tecnologia e Inovação em Enfermagem da Universidade de Fortaleza. Av. Washington Soares, 1321 - Edson Queiroz, CEP: 60811-905. Fortaleza, Ceará, Brasil

Pages: 380–395

Resumo: Objetivou-se avaliar a experiência dos professores com o uso do aplicativo VoiceGuard, a partir do mapa de experiências. Realizou-se uma pesquisa qualitativa em seis escolas, contemplando 40 professores, em três etapas. Analisaram-se os dados a partir da Análise de Conteúdo, interpretando-os à luz do mapeamento de experiência associado à Semiótica. Dados sobre o perfil socioeconômico auxiliaram a interpretação dos dados qualitativos, apresentados em quatro temáticas que constituem o mapa de experiências: motivações para uso do aplicativo; pensamentos, sentimentos e mudanças de comportamento a partir do uso do aplicativo; potencialidades e fragilidades do aplicativo; e sugestões e melhorias. A experiência dos professores com o VoiceGuard mostra o elevado nível de satisfação, uma vez que a ferramenta propiciou conhecimentos detalhados e de fácil acesso acerca dos cuidados vocais. Isto indica a importância dessa tecnologia ser utilizada nos programas de promoção da saúde vocal como ferramenta de apoio à saúde do professor.

Palavras-chave: Voz; Professor; Promoção da Saúde; Avaliação das Tecnologias de Saúde

Use of VoiceGuard application by teachers: structuring the experience map

Abstract: The objective of this study was to evaluate teachers' experience of using the VoiceGuard application from the map of experiences. A qualitative study was

conducted in three stages, in six schools, including 40 teachers. Data were analyzed form content analysis, interpreting the in the light of the experience mapping associated with semiotics. The socioeconomic profile supported the interpretation of qualitative data, which was presented in four themes that constitute the map of experience: motivations for using the application; thoughts, feelings and behavioral changes from the use of the application; potentialities and weakness of the application; and suggestions and improvements. Teachers' experience with VoiceGuard shows the high level of satisfaction, since it provided detailed knowledge and easy access to vocal care. This indicates the importance of this technology to be used in programs to promote vocal health as an instrument to support teachers' health.

Keywords: Voice; School Teachers; Health Promotion; Technology Assessment, Biomedical

1. Introdução

A voz faz parte da existência humana, sendo importante para a vida pessoal e profissional. Suas características estão relacionadas à idade, à saúde física e mental, à história de vida, a interlocução e às condições ambientais (Behlau, Pontes & Moreti, 2017).

A docência é uma das profissões com maior incidência de distúrbios na voz, sendo a maioria destes decorrentes das condições de trabalho e da excessiva demanda vocal, o que predispõe o mau uso da voz, a exemplo da competição com o ruído ambiental para obter a atenção dos alunos. Nesse mesmo contexto, destaca-se a carga horária de trabalho desses profissionais, podendo chegar a 40 horas semanais em sala de aula. Soma-se, ainda, à realidade do professor, a rotina familiar e social, as quais também requerem intensiva utilização da voz (Xavier, Santos & Silva, 2013).

A voz é fator relevante para a atuação do professor em sala de aula, especialmente como componente constitutivo da identidade desse profissional como trabalhador. A qualidade vocal do docente gera impactos sobre os discentes e sobre o processo ensino-aprendizagem. Quanto melhor for a qualidade vocal, melhores os efeitos da comunicaçã do professor (Fillis, Andrade, González, Melanda & Mesas, 2016).

Estudos revelam que as disfonias e as queixas associadas à voz estão entre as mais frequentes entre os docentes, destacando-se rouquidão e perda da voz, alterações emocionais e distúrbios do movimento (Webber & Vergani, 2010; Zambom, 2012; Brasil, 2015). A voz disfônica apresenta sinais de funcionalidade inadequada ou de desequilíbrio do trato vocal, evidenciando características como: aspereza, soprosidade, ou outras que modifiquem o som natural da voz (Behlau, 2004).

As alterações vocais em professores, causadas pelas questões relacionadas à organização do trabalho, levam frequentemente esses profissionais a situações de afastamento e incapacidade para o desempenho das suas funções. Apesar de representar um grave problema de saúde pública, os acometimentos vocais ainda não são reconhecidos pelo Instituto Nacional de Seguro Social (INSS) como doença relacionada ao trabalho (Alves, Robazzi, Marziale, Felippe & Romano, 2009). Em 2018, o Ministério da Saúde, por meio da Secretaria de Vigilância em Saúde e seu Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador (Brasil, 2018), lançou o protocolo que versa sobre

os Distúrbios da Voz Relacionados ao Trabalho (DVRT) com o objetivo de orientar os profissionais de saúde a identificar, notificar e subsidiar ações de vigilância dos casos de DVRTs e de seus determinantes (Brasil, 2018), o que norteia o planejamento e a implementação de ações de enfrentamento.

Ferracciou, Santos, Teixeira e Almeida (2015) apontam que, apesar da alta incidência de patologias vocais nos docentes, percebe-se a falta de conhecimento dessa população sobre os cuidados, a prevenção de distúrbios e o uso adequado da voz. Esse fato é preocupante, pois a voz é uma das ferramentas essenciais de trabalho dos professores e estes, na maioria das vezes, só buscam atenção profissional em estágios mais avançados das queixas e sintomas.

Diante da dimensão dos acometimentos causados pelas alterações vocais em professores, o problema em pauta precisa ser amplamente discutido e medidas de promoção da saúde e prevenção devem ser incorporadas às políticas e ações que versam sobre a saúde do professor enquanto trabalhador.

Nesse cenário, estudos mostram o avanço da utilização de tecnologias móveis para a promoção e o cuidado com a saúde da população. As tecnologias Eletronic Health (eHealth) ampliam a sua abrangência nos cuidados com a saúde e consistem em um conjunto de ações que a realidade dos sistemas de saúde online torna possíveis. Albergam também a integração de informações e tecnologias da comunicação que permitem a entrega eficiente de serviços de saúde, por meio de processos, ferramentas e sistemas (Lopes, 2016). As tecnologias mobile Health (mHealth) ocupam um lugar de destaque, pois estas ampliam o acesso às informações, às intervenções, superando as limitações que envolvem tempo e espaço.

Pensando nas diversas possibilidades que esses recursos tecnológicos oferecem ao campo da promoção da saúde vocal, uma equipe multidisciplinar da Universidade de Fortaleza constituída por fonoaudiólogos, designers, engenheiros e cientistas da computação, por meio de uma parceria estabelecida entre o Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva (PPGSC) e o Laboratório de Inovação Tecnológica vinculado ao Núcleo de Aplicação em Tecnologia da Informação (NATI) da UNIFOR, conceberam e desenvolveram, de janeiro de 2015 a novembro de 2016, o aplicativo VoiceGuard (Carlos, Magalhães, Vasconcelos, Silva, & Brasil, 2016).

Este aplicativo tem como principal objetivo promover apoio individualizado na gestão do uso da voz e oferece ferramentas diversas, dentre as quais se destacam a medição do ruído ambiental, o lembrete para a hidratação durante o uso profissional da voz, testes para verificar risco vocal, além de relatórios sobre a rotina diária de uso vocal (Carlos et al., 2016).

A relevância desta investigação consiste na oferta de uma fermenta mHealth aos professores, avaliada com base em suas experiências de uso, o que poderá contribuir para a maior adesão à tecnologia, a promoção da saúde vocal e o autocuidado de forma contextualizada. Ademais, o aplicativo VoiceGuard estimula reflexões sobre melhorias na atenção à saúde vocal dos professores, possibilita a tomada de decisões nesse âmbito e inspira a criação e o fortalecimento de políticas públicas voltadas a esses profissionais, buscando melhores condições de trabalho e qualidade de vida.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo consistiu em avaliar a experiência dos professores com o uso do aplicativo VoiceGuard, a partir da estruturação do mapa de experiências.

2. Método

O estudo realizou-se, de agosto a novembro de 2018, com a participação de professores de seis escolas da rede municipal de ensino de Fortaleza, Ceará. A pesquisa tem natureza aplicada, metodológica, com abordagem qualitativa, uma vez que busca a avaliação da experiência dessa população com a utilização do aplicativo VoiceGuard. Ressalta-se que este aplicatico foi anteriormente desenvolvido e avaliado por especialistas (Carlos et al., 2016).

Estudos aplicados possibilitam gerar conhecimentos para a utilização prática de novos recursos, processos, produtos ou tecnologias, relacionando-se à solução de problemas específicos associados ao interesse de um determinado público-alvo (Gerhardt & Silveira, 2009).

A pesquisa metodológica tem amplo espectro e muitos significados, assim como possibilita a apresentação de uma variedade de categorias de resultados. Um estudo metodológico abrange as seguintes etapas: definir um constructo ou comportamento a ser medido; formular os itens da ferramenta; desenvolver as instruções para usuários; e testar a confiabilidade e a validade da ferramenta (Lobiondo-Wood & Haber, 2011).

O enfoque qualitativo foi adotado por se tratar de uma pesquisa definida por um tipo de investigação voltada aos aspectos subjetivos de uma determinada questão, os quais não podem ser descritos pela quantificação ou por meio de testes estatísticos. No presente estudo, foram levados em consideração os sentimentos, as percepções, os hábitos, os conhecimentos, as experiências de vida, entre outros aspectos dos participantes (Minayo, 2014; Yin, 2016).

A abordagem qualitativa justifica-se por buscar a percepção e a interpretação das experiências dos professores com o aplicativo Voiceguard (Fonteles et al., 2019). Destaca-se que o objeto desse tipo de pesquisa repousa sobre o mundo das relações, das representações e da intencionalidade. Assim, buscou-se interpretar os achados a partir dos significados emergentes das suas experiências com a tecnologia utilizada. Portanto, nesse tipo de investigação, os dados não podem ser tratados de forma estatística ou comparativa (estudo caso-controle), uma vez que a subjetividade dos partipantes é o aspecto levado em consideração (Minayo, Deslandes & Gomes, 2013).

O cenário do estudo foram seis escolas públicas da rede municipal de ensino de Fortaleza, Ceará, Brasil, sendo uma escola em cada um dos seis Distritos de Educação de Fortaleza. Selecionaram-se as escolas a partir dos seguintes critérios: ter Ensino Fundamental I e/ou II, ter o maior número de alunos e de professores no distrito de educação em que se encontra, ter número de professores igual ou superior a vinte.

A execução deste trabalho foi previamente autorizada pela Secretaria Municipal de Educação de Fortaleza e pelas direções das escolas selecionadas, o que ocorreu em três etapas: oficina de apresentação do estudo e do aplicativo; período de utilização do aplicativo pelos professores e acompanhamento mensal pela pesquisadora; e avaliação da experiência dos usuários com a utilização do aplicativo.

Na primeira etapa (agosto de 2018), realizou-se uma oficina de apresentação do estudo e do aplicativo, em cada uma das escolas selecionadas, com duração média de uma hora. Estas oficinas foram conduzidas pela pesquisadora com todos os professores das instituições. Nessa ocasião, a pesquisa e o aplicativo foram presencialmente apresentados em *power point* e todos os professores convidados a participar. Aqueles que aceitaram compor a amostra preencheram o Termo de Consentimento e Livre Esclarecido (TCLE).

A amostra foi constituída por conveniência, a partir da aceitação ao convite. Assim, compuseram a amostra da primeira etapa 40 professores, sendo 27 do sexo feminino e 13 do sexo masculino, com média de idade de 39,7 anos e tempo médio de atuação na Rede Municipal de Ensino de Fortaleza de 12,28 anos. Os critérios de inclusão foram: estar alocado no ensino fundamental, possuir smartphone com tecnologia Android ou iOS, estar atuando em sala de aula, não estar remanejado para outra função na escola por motivo de saúde e demonstrar interesse em participar do estudo. Da segunda e terceira etapas, participaram 37 professores, diante de intercorrências que impossibilitaram a permanência de três deles na pesquisa.

Ao final da primeira oficina, ainda na sala de reunião de cada escola, os participantes preencheram um instrumento autoaplicável com questões sobre: perfil socioeconômico, formação acadêmica e profissão, condições de saúde e noções sobre voz (Instrumento 1). Esta atividade teve duração aproximada de 30 minutos, contando com a presença da pesquisadora no local para os devidos esclarecimentos.

Na sessão condições de saúde do instrumento 1, uma das questões buscava verificar as expectativas dos professores quanto ao uso de aplicativos para a promoção da saúde. Ressalta-se que a validação do referido instrumento ocorreu a partir de teste piloto aplicado com cinco professores, antecedendo a coleta definitiva. Ressalta-se que os dados obtidos do teste piloto foram descartados, não compondo os resultados deste estudo.

Após a coleta dos dados, a partir do instrumento 1, fez-se o *download* do VoiceGuard nos smartphones dos participantes, os quais foram instruídos a utilizá-lo no seu cotidiano (durante as aulas e na vida pessoal) por dois meses. Os professores foram orientados pelas pesquisadoras a registrarem por escrito, durante o período de utilização, as suas percepções sobre o aplicativo (dificuldades, pontos positivos, pontos negativos, usabilidade, entre outros), para que pudessem reportar estes aspectos no encontro mensal de acompanhamento. Esta estratégia também se encontra alinhada ao que preconizam a Semiótica (Santaella, 2008) e o 'mapeamento de experiência' (Atlassian, 2017; Kalbach, 2017), uma vez que a compreensão das formas de utilização da ferramenta, os sentidos e ações emergentes da sua utilização possibilitam a avaliação qualitativa da experiência.

A segunda etapa correspondeu ao "período de utilização do aplicativo pelos professores e acompanhamento mensal pela pesquisadora", realizada de agosto a outubro de 2018, o que iniciou após a primeira oficina, quando o VoiceGuard ficou disponível para os professores por dois meses. Durante esse tempo, os professores puderam contactar os pesquisadores responsáveis (por telefone e/ou e-mail) para orientações complementares ou esclarecimentos.

Durante o período em que os professores utilizaram o aplicativo, foi realizado um encontro mensal para o acompanhamento dos professores no processo de interação com a tecnologia, no intuito de melhor compreender suas experiências. Destaca-se que esse

encontro foi realizado em datas previamente agendadas com os diretores das escolas), em setembro de 2018, em cada escola participante. Essa ação teve duração aproximada de 45 minutos, sendo 15 minutos destinados ao preenchimento do Instrumento de Acompanhamento Mensal (Instrumento 2), composto por questões subjetivas, tendo sido autoaplicado.

Os itens do Instrumento 2 levaram os participantes a informarem sobre a frequência de utilização do VoiceGuard, os fatores negativos e positivos da ferramenta ou de seu uso, as condições de funcionamento, a aquisição de conhecimentos sobre voz com o uso do aplicativo, mudanças percebidas no comportamento em relação aos cuidados com a saúde vocal e outras considerações. As informações foram obtidas em formato de textos escritos sobre as experiências vivenciadas.

Na terceira etapa (outubro a novembro de 2018), realizou-se a 'avaliação da experiência do usuário com a utilização do aplicativo', ao final dos dois meses de uso do VoiceGuard pelos professores de cada escola. Nessa ocasião, foi aplicado o 'Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário com a Utilização do Aplicativo', o qual é composto por questões subjetivas e buscou avaliar a experiência de utilização da ferramenta, os impactos desta nos conhecimentos sobre saúde vocal e os indicativos de mudança de comportamento dos professores relacionados aos cuidados com a voz. Os participantes preencheram individualmente este instrumento e foram orientados pela pesquisadora, a qual permaneceu no recinto até que todos finalizassem.

Ainda no mês de novembro de 2018, finalizando a terceira etapa, realizaram-se os Grupos Focais (GF) com os participantes, a partir de um roteiro com questões norteadoras, visando à captação de novos aspectos qualitativos sobre o tema em estudo e o reforço das iformações obtidas a partir dos outros instrumentos. O roteiro do GF versava sobre os seguintes aspectos: contribuições do aplicativo para a saúde vocal e o seu conhecimento sobre voz; medidas adotadas com relação aos cuidados com a voz, durante ou após o uso do aplicativo; potencialidades e fragilidades do aplicativo; sentimentos em relação ao uso do VoiceGuard; e sugestões para aprimorar o VoiceGuard. Esta atividade aconteceu nas seis escolas, em datas previamente agendadas com professores e diretores.

Os dados do Instrumento 1 foram analisados a partir de planilhas elaboradas no programa Excel versão 2013. Em seguida, foram organizados em Tabelas. No que se refere à análise do Instrumento de Acompanhamento Mensal, do 'Formulário de Avaliação da Experiência do Usuário com a Utilização do Aplicativo' e dos grupos focais, os achados foram transcritos a partir dos relatos escritos pelos participantes, das gravações dos GF e das anotações das pesquisadoras, visando a uma maior fidedignidade, riqueza de detalhes e complementações necessárias às informações.

Em seguida, os dados qualitativos foram tratados com base na Análise de Conteúdo na modalidade temática (Minayo, Deslandes & Gomes, 2013). Este método possibilita analisar uma diversidade de registros, sejam eles orais, escritos e pictográficos, visando o maior aprofundamento e olhar detalhado sobre o tema em estudo. Para isso, contemplaram-se as seguintes etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados - inferência e interpretação (Minayo, 2014).

Durante pré-análise, realizou-se a leitura em profundidade e detalhada das falas, registros escritos e notas obtidas tanto nos grupos focais como nos demais instrumentos. Dessa

forma, a pesquisadora buscou familiarizar-se com os dados e as ideias emergentes. Em seguida, passou para a exploração do material coletado, quando se fez uma análise mais apropriada, realizando-se organizações de trechos, frases, fragmentos, ideias e outras informações, buscado identificar categorias. Os dados foram organizados e apresentados em categorias de análise, as quais foram obtidas a partir dos núcleos de sentido (NS) e das respectivas ideias associadas.

Tudo isso convergiu para um movimento de inferências e interpretações realizadas à luz das teorias de mapeamento de experiência (Kalbach, 2017), especialmente a teoria do mapeamento de jornada de usuários (Atlassian, 2017), com amparo da Semiótica (Santaella, 2008).

Assim, os dados obtidos foram agrupados de acordo com aspectos que compõem alguns dos principais elementos dos mapas de experiência de usuários com um determinado produto, quais sejam: definição do escopo do mapa (experiência de uma pessoa ou grupo); conhecimento do(s) perfil(s) do(s) usuário(s) cuja experiência será mapeada; compreensão do motivo pelo qual o(s) usuário(s) se encontra(m) nessa experiência; mapemento dos pensamentos e sentimentos do(s) usuário(s) - quais são os sentimentos emergentes; mapeamento das dificuldades encontradas pelo(s) usuário(s); elaboração de uma linha de sentimentos do(s) usuários (positivos e negativos); e análise do panorama geral. Dessa forma, esses elementos fundamentaram a identificação das categorias de análise, norteando a elaboração do mapa de experiências dos usuários com o aplicativo VoiceGuard, o que é apresentado nos resultados (figuras 1 e 2).

Ao final do processo, a pesquisadora sintetizou as descobertas, dialogando com os temas identificados, comparando-os ao referencial teórico-metodológico, aos objetivos e pressupostos previamente estabelecidos.

Para resguardar as identidades dos professores, utilizou-se a letra "P" ("professor") seguida de números que correspondem a quantidade de participantes, como por exemplo, "P1" significa professor número 1 e assim sucessivamente.

Os aspectos éticos da investigação em pauta atenderam ao que preconiza a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, respeitando-se os preceitos que regulamentam pesquisas com seres humanos (Brasil, 2012). Destaca-se, ainda, que o projeto deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Fortaleza, sob o Parecer nº 1.666.799.

3. Resultados e Discussão

Os resultados mostram alguns dados quantitativos para caracterizar a amostra e facilitar a compreensão do contexo dos participantes cujas experiências com o aplicativo foram mapeadas. Assim, observa-se que a maioria dos professores é do sexo feminino (57,5%); o tempo médio de atuação em sala de aula é de 12,28 anos, estando 82,50% na faixa de 100 a 200 horas de trabalho mensais; 62,50% refere ter mais de seis sintomas vocais; enquanto 47,7% consideram-se expostos a mais de seis fatores de risco vocal. Nenhum dos professores do estudo teve a oportunidade de participar de um programa de cuidados com a voz nas escolas onde atuam, mas 67,5% consideram importante o uso do aplicativo para cuidar da voz.

A caracterização do perfil socioeconômico, profissional e condições de saúde dos professores, apresentados no parágrafo anterior, mostra quem são essas pessoas e como a saúde vocal emerge no cenário da docência, possibilitando a aproximação e o entendimento das temáticas que constituem o mapa de experiência dos participantes, quais sejam: motivações para a utilização do aplicativo; pensamentos, sentimentos e mudanças de comportamento a partir do uso do aplicativo; potencialidades e fragilidades da experiência; e sugestões e melhorias (Figura 1).

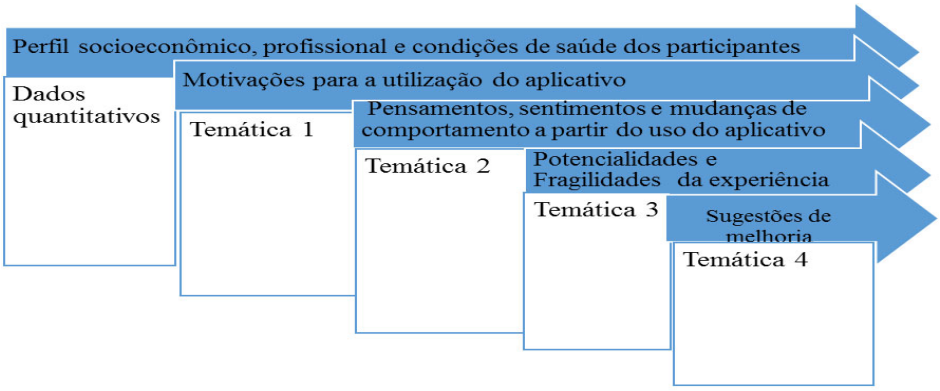


Figura 1 – Mapa de experiência dos professores com o aplicativo VoiceGuard: visão geral

Destaca-se que a figura 1 mostra uma visão geral do mapa de experiência dos professores com o aplicativo VoiceGuard, trazendo a indicação dos elementos a serem considerados para a composição das temáticas e aspectos considerados como relevantes pelos usuários durante o manuseio do aplicativo. Na figura 2, o mapa é detalhado e mostra as temáticas e núcleos de sentido emergentes da análise da experiência dos professores com uso do VoiceGuard. Esses mapas foram elaborados a partir da fundamentação nas teorias do mapeamento de experiência (Kalbach, 2017), do mapeamento de jornada de usuários (Atlassian, 2017), tendo a Semiótica (Santaella, 2008) como respaldo para suporte interpretativo.

Ao considerar o perfil socioeconômico dos professores, observa-se a predominância do sexo feminino e estado civil casado ou união estável, o que converge com os estudos de Vedovato e Monteiro (2008). A literatura destaca a grande presença de mulheres na docência, fato que está relacionado ao papel social da mulher, a qual tem sido reconhecida historicamente como responsável por educar e cuidar dos filhos. Assim, a docência é considerada uma extensão do trabalho doméstico (Vianna, 2013).

A carga horária mensal de trabalho dos professores identificada neste estudo foi semelhante a encontrada na literatura (Cardoso, Araújo, Carvalho, Oliveira & Reis, 2011), a qual pode ser considerada elevada, uma vez que essa jornada se refere somente às atividades no âmbito escolar. Destaca-se que a rotina desses profissionais, especialmente das mulheres, ultrapassa o ambiente escolar, causando sobrecarga e interferindo nas condições de saúde dessa população (Santos & Marques, 2013).

As condições de saúde dos professores, expressas pela exposição aos fatores de risco e aos sintomas vocais autoreferidos, evidenciam elementos que interferem na saúde geral e vocal do grupo estudado, o que auxilia a compreender a experiência deles como usuários do aplicativo VoiceGuard, confome preconizam Atlassian (2017) e Kalbach (2017). Para esses autores, a jornada de experiência dos usuários com um determinado produto desencadeia um nível de satisfação ou insatisfação, o que depende direta ou indiretamente das condições e cenários nos quais estão inseridos, além das formas de comunicação que a tecnologia em pauta possibilita (Santaella, 2008).

É importante ressaltar que, diante da existência de sintomas já instalados, a utilização da voz requer cuidados especiais, em virtude do risco de agravo do quadro e de afastamento desses profissionais do trabalho, contribuindo para o absenteísmo por problemas de saúde (Moselli, Assunção, & Medeiros, 2017). De acordo com Costa et al. (2013) e também Brasil e Silva (2016), a maioria das escolas não oferece condições favoráveis ao desenvolvimento do trabalho dos docentes, visto que não há a oferta de programas de conservação e/ou promoção da saúde vocal dos professores.

Diante de tantos estudos já realizados sobre a voz dos professores, os programas voltados à promoção de cuidados com a saúde vocal evidenciam a sua importância, principalmente pelo potencial de melhora da qualidade vocal e redução do absenteísmo por acometimentos vocais (Brasil & Silva, 2016; Cardoso, Reis & Iervolino, 2008; Dragone, 2011; Xavier, Santos & Silva, 2013). No presente estudo, 100% dos professores referiram nunca terem participado de um programa de cuidados com a voz nas respectivas escolas. Sabe-se que iniciativas desse tipo podem, além de melhorar a saúde desses trabalhadores, facilitar a relação professor-aluno e a aprendizagem, tendo em vista que a voz é o mecanismo principal para o compartilhamento de conhecimentos (Santana & Neves, 2017), o que pode ser verificado no seguinte relato:

"Nunca ofereceram nenhum programa de cuidados com a voz, nem oficinas, nem nada... A gente grita na sala de aula, acaba a aula e ainda grita com os meninos nos corredores... Chega o fim do dia e estou acabada... Tem dias que dói tudo... Dói garganta, doem as costas, dói a cabeça... O que eu sei, que faz mal ou as coisas que sei que posso fazer para eu melhorar foi porque eu busquei na internet." (P4).

Apesar da crescente ascensão do uso de smartphones e, consequentemente, da adesão aos aplicativos, apenas 20% dos participantes deste estudo têm o hábito utilizar essas tecnologias em beneficio à saúde. Porém, a maioria (67,5%) considera importante a utilização desses recursos para cuidar da voz. O conhecimento dessa característica da população estudada permitiu, na jornada de experiência, verificar o grau de afinidade/ familiaridade dos professores com o aplicativo VoiceGuard, o que forneceu indicativos da possibilidade de adesão do público-alvo ao recurso (produto/ estratégia) sob investigação (Atlassian, 2017; Santaella, 2008).

A utilização de aplicativos desempenha um papel importante nos serviços de saúde e nas estratégias de cuidado a determinados grupos populacionais, permitindo maior agilidade, desde o processo da coleta de dados até o uso de ferramentas que auxiliem no processo da tomada de decisões (Pestili & Betti, 2015). Entende-se que essas tecnologias podem interferir positivamente sobre os hábitos dos indivíduos relacionados ao

trabalho, ao ensino e a aprendizagem, estando entre as características mais importantes desses dispositivos o acesso à informação a qualquer hora. Isto pode ser a base para a individualização e a personalização da aprendizagem, uma vez que permitem distribuir, agregar e partilhar informações muito facilmente (Caivano, Ferreira & Domene, 2014).

Nesse contexto, as funções desempenhadas pelos aplicativos no mundo moderno já trazem em si um 'significado social' a eles atribuídos, porém a adesão dos usuários a essas ferramentas decorrem das experiências advindas da sua utilização, o que inclui facilidade de manuseio, confiança no conteúdo, interatividade, atendimento das expectativas, dentre outros aspectos (Atlassian, 2017; Kalbach, 2017). A partir desses fatores, recorreu-se às teorias de 'mapeamento de experiência' para ampliar o olhar dos investigadores sobre as questões consideradas neste estudo para se fazer uma avaliação fidedigna da experiência dos professores com o VoiceGuard.

Os preceitos teóricos do "mapeamento de experiência" apresentados por Kalbach (2017) consistem em dois pontos de vista: as pessoas envolvidas e os tipos de experiências. Esse mapeamento se direciona a uma atividade humana geral, em determinado domínio, separando as experiências das soluções; ajudando a mudar os pensamentos dos desenvolvedores de produtos ou estratégias em direção aos resultados desejados que as pessoas buscam. Nesse intuito, os mapas de experiência reconhecem que as pessoas interagem com o produto ou participam de uma determinada ação e essa interação modela seus comportamentos.

É válido destacar que um determinado mapa de experiência, geralmente, inclui ações, pensamentos, sentimentos e pontos críticos (Kalbach, 2017), não existindo um único formato, mas muitas possibilidades de construção de um modelo que atenda às necessidades do produto e da população estudada.

Na figura 2, apresentam-se em detalhes as quatro temáticas obtidas a partir dos relatos escritos (obtidos a partir dos instrumentos 1 e 2) e orais (obtidos a partir dos grupos focais), as quais trazem um aprofundamento significativo sobre as experiências vivenciadas pelos professores com o uso do aplicativo VoiceGuard. Cada uma das temáticas é

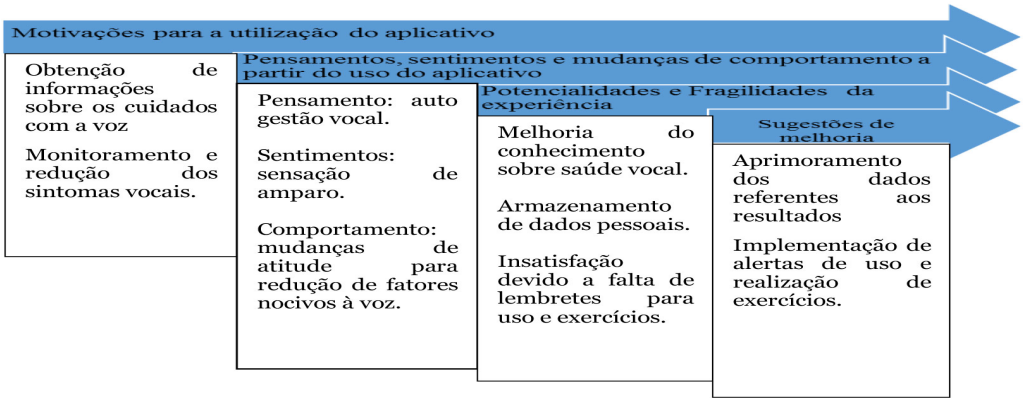


Figura 2 – Temáticas e núcleos de sentido no mapa da experiência dos professores com uso do aplicativo VoiceGuard, Fortaleza, Ceará, agosto a outubro/2018

apresentada nesta figura com seus núcleos de sentido, convergindo opiniões e ideias, quais sejam: motivações para a utilização do aplicativo; pensamentos, sentimentos e mudanças de comportamento a partir do uso do aplicativo; pontos positivos e negativos da experiência; e sugestões de melhoria.

Na temática 1, são apresentadas as motivações para o uso do aplicativo, que versam sobre a obtenção de conhecimentos sobre os cuidados com a voz e a possibilidade de automonitoramento e redução dos sintomas vocais. A literatura aponta que o magistério requer uma intensiva utilização da voz, o que leva a uma série de alterações e queixas. Isto mostra a necessidade da implementação de estratégias para a promoção e a proteção da saúde vocal desses profissionais. Outro agravante é o fato de que, dentre os professores, poucos são os que possuem formação para o uso profissional da voz, o que se associa à superficialidade de conhecimento sobre os cuidados com a voz, refletindo na falta de percepção para identificar sinais e sintomas do processo saúde/ doença vocal (Xavier, Santos & Silva, 2013).

Uma das motivações apontadas pelos participantes para o uso do *VoiceGuard* refere-se à necessidade de obtenção de informações sobre os cuidados com a voz, visto que, segundo Camporossi e Ferreira (2011), a falta de preparo ou orientação para o uso da voz constitui um sério problema para os professores. Estes precisam ser instrumentalizados com informações para que sejam conscientizados e sensibilizados para a preservação dessa ferramenta de trabalho. Esses autores destacam, ainda, que as ações para minimizar os riscos vocais deveriam iniciar no período da formação acadêmica do professor, devendo estender-se ao longo de toda a carreira.

Na temática 2, emergiram os pensamentos, sentimentos e mudanças de comportamento a partir do uso do VoiceGuard, destacando-se a auto gestão vocal, a sensação de amparo e a redução de fatores nocivos à voz. Esses aspectos mostram a satisfação dos usuários com as informações obtidas e a possibilidade de colocar em prática o que o aplicativo apresenta, o que perpassa por conceitos do mapeamento de experiências e da Semiótica. Assim, a partir do mapeamento da jornada dos usuários com o aplicativo, foi possível observar o engajamento dos professores com a ferramenta (Atlassian, 2017).

Os sentimentos despertados pelo uso do aplicativo mostram que os sentidos atribuídos à ferramenta estão alinhados à satisfação, à liberdade, à segurança e às possibilidades que a ferramenta oferece para o enfrentamento de muitas dificuldades que os professores vivenciam com relação ao uso da voz. Evidencia-se, portanto, a satisfação com o *VoiceGuard*, a partir da sensação de amparo ao uso profissional da voz, diante da disponibilização de informações, dicas sobre cuidados e orientações.

É válido destacar, ainda, que a maneira como os professores usam e cuidam da voz pode contribuir para a promoção da sua saúde vocal ou provocar alterações, mostrando a importância de despertar a atenção dos professores, dos profissionais da saúde e das autoridades competentes para esse assunto (Fernandes & Penteado, 2008). Assim, evidenciaram-se possibilidades de mudanças de comportamento, a partir do uso o *VoiceGuard*, quando os relatos dos participantes convergiram para a adoção de medidas para a redução de fatores nocivos à voz.

Mais um passo importante na avaliação da experiência dos professores com o uso do *VoiceGuard*, diz respeito a indicação das potencialidades e fragilidades da experiência

(temática 3). Os professores indicaram as seguintes potencialidades do *VoiceGuard*: facilidade de manuseio do aplicativo, oferta de informações claras, importância do teste sinal-ruído e do relatório.

A utilização da tecnologia da informação e comunicação como uma ferramenta de apoio vem crescendo, sendo assim, essa evolução deve ser compreendida como uma inovação, devendo atender às necessidades dos usuários, estando aberta às possibilidades de melhoria (Puschel & Galvão, 2012).

Mesmo diante da elevada satisfação dos participantes com o uso do *VoiceGuard* e com o intuito de contribuir com o aprimoramento do produto, algumas fragilidades foram citadas, quais sejam: insatisfação dos usuários em relação a falta de exercícios de aquecimento e desaquecimento vocal, e de alertas pra lembrá-los de usar algumas funcionalidades do aplicativo, a exemplo da ingestão de água.

A falta de exercícios de aquecimento e desaquecimento vocal relatada pelos professores somente pode ser sanada mediante a implementação de estratégias de promoção da saúde vocal na escola que contemplem, além de tecnologias eHealth, a mediação de fonoaudiólogos associados ou não a outros profissionais da saúde. Isto justifica-se pelo fato de alguns exercícios não poderem ser prescritos ou realizados sem supervisão especializada, diante do risco de realização de forma equivocada e os efeitos danosos que podem advir, caso isso aconteça.

Na temática 4, apresentam-se as principais sugestões para a melhoria do aplicativo *Voiceguard*, que se referem a inserção de gráficos de uso das funções para a melhor visualização dos resultados e o envio de alertas pelo próprio aplicativo lembrando da sua utilização. No processo de evolução das tecnologias, está previsto que um aplicativo pode ser atualizado quantas vezes forem necessárias, uma vez que, diante do rápido avanço das tecnologias, novos casos e informações surgem, sendo necessários esses aprimoramentos (Mol, 2011). Dessa forma, as sugestões dos professores são de grande utilidade e poderão estar disponíveis nas próximas versões do *Voiceguard*.

4. Conclusões

O presente estudo possibilitou evidenciar a estruturação do mapa de experiências de professores do ensino fundamental com o uso do aplicativo VoiceGuard, mostrando todos os aspectos relevantes que emergiram das impressões, sentimentos e significados atribuídos à ferramenta. No tocante a experiência dos professores com o aplicativo, fica evidente, a partir do mapa estruturado, o nível de satisfação dos usuários com a tecnologia a eles apresentada, uma vez que a ferramenta proporcionou conhecimentos detalhados e de fácil acesso acerca dos cuidados com a voz e facilitou a compreensão sobre alguns fatores nocivos a ela. O mapa aponta que o aplicativo ofereceu aos professores novas possibilidades de mudanças de comportamento, facilitando o cuidado constante com a saúde vocal.

Sentimentos de felicidade e amparo, expressos nas temáticas que compõem o mapa, mostram que os professores percebem o VoiceGuard como uma tecnologia desenvolvida para os cuidados com a voz e que vem a atender as suas necessidades. Esses sentimentos alinham-se à constatação de que nenhum professor desta pesquisa participou de ações

de promoção da saúde vocal nas escolas em que atuam, tampouco nas respectivas formações acadêmicas. Assim, para eles, o VoiceGuard ajuda a preencher esta lacuna.

As potencialidades do aplicativo superam as fragilidades, na visão dos professores, mostrando que a experiência foi predominantemente positiva. Os poucos aspectos negativos mencionados devem ser considerados para o aprimoramento da ferramenta. Entretanto, a disponibilização de exercícios vocais não será possível diante dos riscos que a realização sem prescrição e/ou supervisão de profissionais especializados podem oferecer.

Algumas limitações do estudo merecem ser citadas, como a dificuldade de captação dos participantes e as dificuldades de acesso à internet relatadas por alguns professores.

Como desdobramento deste estudo, está em desenvolvimento uma pesquisa comparando grupos de professores que participam de programas de saúde vocal com e sem o uso do aplicativo, cujo objetivo é comparar os grupos e verificar se há diferenças, em termos de melhoria das condições de saúde vocal, com a utilização do VoiceGuard. Estudos de mapeamento de experiência do uso do VoiceGuard também estão em desenvolvimento, incluindo professores do ensino superior e outros profissionais da voz.

Diante do exposto, o elevado nível de satisfação dos professores com o aplicativo VoiceGuard mostra o potencial que essa ferramenta tem para ser incorporada na rotina diária dos professores, ampliando o alcance de utilização e cumprindo o papel para o qual foi concebida e desenvolvida. Assim, o VoiceGuard poderá, cada vez mais, contribuir com a promoção da saúde vocal dos professores, auxiliando no enfrentamento desse sério problema de saúde pública que são as alterações vocais.

Referências

Alves, L. A., Robazzi, M. L. C., Marziale, M. H. P., Felippe, A. C. N., & Romano, C. C. (2009). Alterações da saúde e a voz do professor, uma questão de saúde do trabalhador. *Revista Latino- Americana de Enfermagem, 17*(4), 5-8.

Atlassian. (2017). *Mapeamento da jornada*. Recuperado de: https://br.atlassian.com/team-playbook/plays/journey-mapping

Behlau, M., Pontes, P., & Moreti, F. (2017). *Higiene vocal: Cuidando da voz*. Rio de Janeiro: Editora Revinter.

Behlau, M. (2004). *O melhor que vi e ouvi III: Atualização em laringe e voz*. Rio de Janeiro. Editora Revinter.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. (2018). Distúrbio *de voz relacionada ao trabalho-DVRT*. Brasília: Ministério da Saúde.

Brasil, C. C. P., & Silva, R. M. (2016). *A voz da professora na integralidade em saúde*. Fortaleza: Edições UFC.

Brasil, C. C. P. (2015). *A voz da professora não pode calar: Sentidos, ações e interpretações no contexto da integralidade em saúde*. (Tese Doutorado em Saúde Coletiva), Universidade Estadual do Ceará, Universidade Federal do Ceará, Universidade de Fortaleza – Associação Ampla, Fortaleza.

Caivano, C., Ferreira, B. J., & Domene, S. M. (2014). Avaliação da usabilidade do guia alimentar digital móvel segundo a percepção dos usuários. *Ciência & Saúde Coletiva*, *19*(5), 1437-1446.

Camporossi, C., & Ferreira, L. P. (2011). Sintomas vocais e fatores relativos ao estilo de vida em professores. *Revista CEFAC, 13*(1), 132-139.

Cardoso, J. P., Araújo, T. M., Carvalho, F. M., Oliveira, N. F., & Reis, E. J. F. (2011). Aspectos psicossociais do trabalho docente e dor musculoesquelética. *Caderno de Saúde Pública*, *27*(8), 1498-1509.

Cardoso, V., Reis, A. P., & Iervolino, S. A. (2008). Escolas promotoras de saúde. *Revista Brasileira de Crescimento Desenvolvimento Humano, 18*(2), 107-115.

Carlos, D. A., Magalhães, T. O., Vasconcelos, J. E., Silva, R. M., & Brasil, C. C. P. (2016). Concepção e Avaliação de Tecnologia m-Health para promoção da saúde vocal. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias da Informação*, *19*(9), 46-60. doi: 10.17013/risti.19.46–60.

Costa, D. B., Lopes, L. W., Silva, E. G., Cunha, G. M. S. da, Almeida, L. N. A., & Almeida, A. A. F. de. (2013). Fatores de risco e emocionais na voz de professores com e sem queixas vocais. *Revista CEFAC, 15*(4), 1001-1010.

Dragone, M. L. (2011). Programa de saúde vocal para educadores: Ações e resultados. *Revista CEFAC, 13*(6), 1133-1143.

Fernandes, J. A., & Penteado, R. Z. (2008). *Hábitos e cuidados vocais de professores de escola particular*. Recuperado de: http://twixar.me/q1M1

Ferracciou , C. C., Santos, L. V. A., Teixeira, L. R., & Almeida, M. S. (2015). Estratégias de enfrentamento e perfil de participação e atividades vocais em professoras da rede pública de ensino com e sem distúrbio de voz. *Revista CEFAC, 17*(4), 1184-1194.

Fillis, M. M., Andrade, S. M., González, A. D., Melanda, F. N., & Mesas, A. E. (2016). Frequência de problemas vocais autorreferidos e fatores ocupacionais associados em professores da educação básica de Londrina, Paraná, Brasil. *Caderno Saúde Pública*, *32*(1), 1-10.

Fonteles, R. C., Brasil, C. C. P., Silva, R. M. da, Vasconcelos Filho, J. E., Reis J. S. de O., & Araújo, M. R. de. (2019). Experiências de professores com o uso do aplicativo VoiceGuard: reflexões e mudanças de comportamento vocal. In vol 2, Atas - Investigação Qualitativa em Saúde/Investigación Cualitativa en Salud, (pp. 768-777). retrieved from: https://proceedings.ciaiq.org/index.php/CIAIQ2019/issue/view/28

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (org.). (2009). *Métodos de Pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

Kalbach, J. (2017). *Mapeamento de Experiências*. Rio de Janeiro: Editora Alta Books.

Lobiondo-Wood, G., & Haber, J. (2011). *Pesquisa em enfermagem: Métodos, avaliação crítica e utilização*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan.

Lopes, A. R. (2016). *Avaliação da qualidade de serviços da e-health online na pespectiva do utilizador*. (Dissertação de Mestrado em Engenharia e Sistemas da Informação), Faculdade de Ciências, Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

Minayo, M. C. S. (2014). *O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde* (14a ed). São Paulo: Editora Hucitec.

Minayo, M. C. S., Deslandes, S. F., & Gomes, R. (2013). *Pesquisa social: Teoria, método e criatividade* (33a ed). Petrópolis, RJ: Vozes.

Mol, A. M. (2011). R*ecomendações de usabilidade para interface de aplicativos para smartphones com foco na terceira idade*. (Dissertação de Mestrado em Informática), Universidade Pontifícia de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Puschel, V. A., & Galvão, E. C. F. (2012). Aplicativo multimídia em plataforma móvel para o ensino da mensuração da pressão venosa central. *Revista Escola de Enfermagem, 46*(1), 107-115.

Moselli, L. D. L., Assunção, A. A., & Medeiros, A. M. (2017). Absenteísmo por distúrbios da voz em professores: Revisão de literatura. 2005-2015. *Distúrbios da Comunicação*, *29*(3), 579-587.

Pestili, L. C., & Betti, N. F. de S. (2015). Remember - Aplicativo para o auxílio de idosos com Alzheimer. In *Anais da 13ª Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica* (pp.1-5). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. Recuperado de: http://twixar.me/yhM1

Santaella, L. (2008). *Semiótica Aplicada*. São Paulo: Cengage Learning.

Santana, F. A. L., & Neves, I. L. (2017). Saúde do trabalhador em educação: A gestão da saúde de professores de escolas públicas brasileiras. *Saúde e Sociedade, 26*(3), 786-797.

Santos, M. N., & Marques, A. C. (2013). Condições de saúde, estilo de vida e características de trabalho de professores, de uma cidade do Sul do Brasil. *Ciências e Saúde coletiva, 18*(3), 837-846.

Vedovato, T. G., & Monteiro, M. I. (2008). Perfil sociodemográfico e condições de saúde e trabalho dos professores de nove escolas estaduais paulistas. *Revista da Escola de Enfermagem da USP, 42*(2), 291-297.

Vianna, C. P. (2013). A feminização do magistério na educação básica e os desafios para a prática e a identidade coletiva docente. In S. C. Yannoulas(org.), *Trabalhadoras: Análise da feminização das profissões e ocupações* (pp. 159-180). Brasília, DF: Abaré.

Webber, D. V., & Vergani, V. A. (2010). A profissão de professor na sociedade de risco e a urgência por descanso, dinheiro e respeito no meio ambiente laboral. In *Anais do 19º Encontro Nacional do Copendi* (pp. 8807-8823). Fortaleza: COMPEDI.

Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre: Editora Penso.

Xavier, I. A., Santos, A. C., & Silva, D. M. (2013). Saúde vocal do professor: Intervenção fonoaudiológica na atenção primária á saúde. *Revista CEFAC*, *15*(4), 976-985.

Zambom, F. C. (2012). Estratégias de enfrentamento em professores com queixa de voz. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, *17*(2), 237-237.

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

Recebido/Submission: 31/07/2019
Aceitação/Acceptance: 13/10/2019

Uso Combinado da Norma ISO/IEC 29110 Baseado em Scrum e Princípios Lean: Revisão Bibliométrica e Sistemática da Literatura

Nilson Salvetti[1], Ivanir Costa[2], Marcos Antonio Gaspar[3], Fábio Luís Falchi de Magalhães[4]

nilson.salvetti@uninove.br, ivanirc@uni9.pro.br, marcos.antonio@uni9.pro.br, fabiosimp@gmail.com

[1] Universidade Nove de Julho, End.: Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-001, São Paulo (SP) Brasil

[2] Universidade Nove de Julho, End.: Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-001, São Paulo (SP) Brasil

[3] Universidade Nove de Julho, End.: Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-001, São Paulo (SP) Brasil

[4] Universidade Nove de Julho, End.: Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-001, São Paulo (SP) Brasil

Pages: 396–411

Resumo: As empresas desenvolvedoras de software competem em um mercado cada vez mais globalizado e precisam garantir que seus produtos sejam construídos com qualidade e de acordo com as suas necessidades de negócios. Para atender ao mercado, essas empresas vêm aplicando novas práticas oriundas do movimento ágil. O objetivo desta pesquisa, considerando-se três constructos (ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software), foi efetuar uma revisão bibliométrica e sistemática da literatura (RSL) junto às bases científicas e propor o uso combinado da Norma ISO/IEC 29110, baseado no método ágil Scrum e Princípios Lean para pequenas empresas de software. O uso da norma ISO/IEC 29110 deve-se ao fato de sua aplicabilidade voltar-se às pequenas empresas, com times menores que 25 colaboradores. Como resultados da RSL realizada, a pesquisa demonstrou que o uso combinado dos constructos considerados pode agregar valor à área de desenvolvimento de software de pequenas empresas.

Palavras-chave: Desenvolvimento de software; ISO/IEC 29110; Scrum; Lean software; Métodos ágeis.

Combined Use of ISO/IEC 29110 Standard Based on Scrum and Lean Principles: Bibliometric and Systematic Literature Review

Abstract: Software companies compete in an increasingly globalized market and need to ensure that their products are built with quality and according to their business needs. To meet the market, these companies have been applying new practices arising from the agile movement. The objective of this research, considering three constructs (ISO/IEC 29110, Scrum and Lean Software), was to perform a bibliometric and systematic literature review (SLR) with the scientific bases and to propose the combined use of ISO/IEC 29110, based on the Agile Scrum Method and

Lean principles for small software companies. The choice of ISO/IEC 29110 is about its applicability to small companies, with teams smaller than 25 employees. As the results of the SLR, the research demonstrated that the combined use of the considered constructs could add value to the software development area of small companies.

Keywords: Software development; ISO/IEC 29110; Scrum; Lean Software; Agile methods.

1. Introdução

As pequenas empresas de desenvolvimento de software têm presença significativa na indústria de software de qualquer país (Muñoz, Mejia & Laporte, 2018). O mercado brasileiro de Tecnologia da Informação (TI), incluindo hardware, software, serviços e exportações de TI, movimentou 39,5 bilhões de dólares em 2017, representando 1,9% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e 1,8% do total de investimentos de TI no mundo. Considerando-se apenas o mercado interno, 8,183 bilhões de dólares vieram do mercado de software e 10,426 bilhões do mercado de serviços, sendo que a soma destes dois segmentos representou 48,8% do mercado total de TI. Tais indicadores ajudaram a consolidar a tendência de passagem do Brasil para o grupo de economias com maior grau de maturidade no mundo, que privilegiam o desenvolvimento de soluções e sistemas. O setor de software teve um crescimento de 2,8% sobre 2016 (Abessoftware, 2018).

O estudo apontou cerca de 17.000 empresas dedicadas ao desenvolvimento, produção, distribuição de software e de prestação de serviços no mercado brasileiro. Considerando-se apenas as 5.138 empresas que atuam no desenvolvimento e produção de software, cerca de 95,5% podem ser classificadas como micro e pequenas empresas, segundo análise realizada pelo critério de número de funcionários (até 99 funcionários) (Abessoftware, 2018). Ainda considerando as 5.138 empresas, esse mesmo estudo mostra que 49,3% delas são consideradas microempresas (possuem menos do que 10 funcionários), enquanto 46,2% são consideradas pequenas (de 10 a 99 funcionários) (Abessoftware, 2018).

Por outro lado, os modelos de desenvolvimento de software evoluíram ao longo do tempo, principalmente quando as organizações passaram a utilizar as práticas ágeis propostas pelo movimento ágil (Dingsoyr, 2012; Dahlem, 2014). A abordagem ágil promove uma forma fácil e rápida de desenvolvimento de software com iterações curtas para satisfazer clientes com entregas parciais do produto (Cockburn & Highsmiyh, 2001; Boehm & Turner, 2003; Dahlem, 2014).

Dentre os métodos ágeis o Scrum se destacou e, mais recentemente, vem incorporando os princípios Lean, cuja proposta é oriunda da manufatura e das práticas de produção, que considera como desperdício o gasto de recursos para qualquer objetivo que não seja a criação de valor para os clientes finais. Segundo Cruz (2018), os métodos ágeis pregam o uso de pequenos times ou equipes autônomas com projetos com baixa formalidade e com documentação reduzida.

A adoção de métodos de garantia de qualidade baseados em modelos de melhoria de processos de software foi considerada como uma importante fonte de variabilidade na produtividade do processo de desenvolvimento de software. Algumas empresas percebem que sua implementação tem custos proibitivos, ao passo que identificam em seu uso uma maneira de se adequar aos padrões de desenvolvimento de software, produzem valor

econômico e levam à melhoria do desempenho corporativo. As empresas desenvolvedoras de software precisam ser mais produtivas, aumentar a qualidade e diminuir o esforço e os custos, com o objetivo de manter o sucesso do negócio (Duarte, 2017).

A pressão do mercado leva as empresas de pequeno porte a desenvolverem os sistemas de informação com rapidez, visto que a maioria dos projetos deve ser realizado em curto prazo. Esse é um desafio enfrentado pelas áreas de desenvolvimento de software, principalmente pelas pequenas empresas quanto aos seus processos de produção.

Visando uma contribuição para a teoria e a prática, com foco nas micro e pequenas empresas de software brasileiras, esta pesquisa poderá permitir a opção do uso de um processo aderente à ISO/IEC 29110, baseado em métodos ágeis e princípios da filosofia Lean adaptados a software. Espera-se que o uso combinado do constructo desenvolvido neste trabalho possa agregar valor à área de desenvolvimento de software de pequenas empresas.

A opção pela norma ISO/IEC 29110, publicada em 2012, baseia-se no fato que ela é recente no mercado e em meios acadêmicos e sua aplicação no Brasil é pouco conhecida. Estudos fora do Brasil mostram uma tendência no uso dessa norma, conforme relatam Gordon e O'Connor (2016) em um estudo realizado com 30 empresas (VSE - *Very Small Entities*) no Equador.

Entre os métodos ágeis existentes, o Scrum incorporado com as práticas da filosofia Lean pode fornecer às pequenas empresas um diferencial competitivo, pois de acordo com os autores O`Connor e Coleman (2007), empresas de software precisam ser flexíveis, criativas, dinâmicas e capazes de entregar produtos de qualidade ao mercado rapidamente por motivos de sobrevivência.

As pesquisas realizadas nas bases científicas Scopus, IEEE Xplore, Elsevier ScienceDirect e ACM Digital Library, cujos trabalhos estão apresentados no item de revisão bibliométrica, não encontraram nenhum trabalho que tratasse especificamente do tema envolvendo o desenvolvimento de um processo ágil, contemplando os constructos ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software. Embora existam trabalhos que apresentam todos os constructos, eles não são utilizados para nenhuma solução combinada, mas são aplicados de forma independente, ou em combinações do tipo Scrum e Lean Software.

Considerando-se o contexto apresentado, o objetivo desta pesquisa é fornecer uma visão da literatura em relação à situação atual da aplicação dos principais conceitos abordados na literatura relacionados à Norma ISO/IEC 29110, Scrum e Princípios Lean, quando aplicados ao desenvolvimento de software em pequenas empresas.

2. Revisão Bibliométrica e Sistemática Sobre a Norma ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software

Esta seção contribui para a localização do presente estudo no contexto do que vem sendo discutido na literatura referente à área de desenvolvimento de software e também como esses conteúdos contribuem para o desenvolvimento desta pesquisa. Assim, num primeiro momento são apresentados o método e os materiais empregados na revisão bibliométrica e sistemática da literatura. Na sequência são apresentados e discutidos os principais resultados auferidos na pesquisa executada.

2.1. Método de Revisão Bibliométrica e Sistemática da Literatura Utilizado na Pesquisa

A revisão sistemática da literatura (systematic literature review – SLR) é um meio de avaliar e interpretar a pesquisa disponível relevante para uma questão de pesquisa específica, área temática ou fenômeno de interesse. Nesse sentido, a SLR tem como objetivo apresentar uma avaliação justa de um tópico de pesquisa, utilizando para tanto uma metodologia confiável, rigorosa e auditável (Kitchenham & Charters, 2007).

As bases e diretrizes que apoiam o método científico SLR foram estabelecidas por Kitchenham e Charters (2007). O documento original foi publicado em 2004 e revisado por membros do Evidence-Based Software Engineering (EBSE), com financiamento e endosso do Conselho de Pesquisa de Economia e Ciências Físicas do Reino Unido (Keele Universit).

O objetivo original para utilização do método SLR quando de seu desenvolvimento e implantação era apoiar a medicina baseada em evidências. Foi estabelecido um '*guideline*' para a melhor compreensão da utilização do método. Numa aplicação mais ampliada, as principais diretrizes estabelecidas buscaram divulgar o método SLR de modo a apropriar suas características às necessidades de pesquisadores de Engenharia de Software. Isto porque há diversas peculiaridades que distinguem a pesquisa em engenharia de software da pesquisa médica (EBSE Technical Report, 2007).

Segundo Kitchenham e Charters (2007), existem muitas razões para realizar uma revisão sistemática da literatura, dentre as quais se destacam:

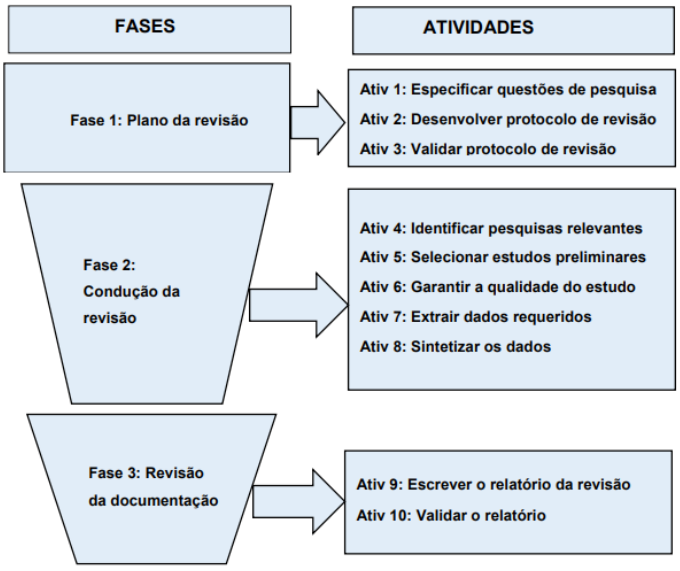


Figura 1 – Método científico de pesquisa SLR.
Fonte: Brereton *et al.* (2006).

- Resumir as evidências existentes relativas a um tratamento ou tecnologia, por ex. resumir as evidências empíricas dos benefícios e limitações de um método ágil específico;
- Identificar quaisquer lacunas na pesquisa atual, a fim de sugerir áreas para investigação adicional;
- Fornecer um enquadramento/contexto para posicionar adequadamente novas atividades de investigação.

O método de pesquisa SLR é exposto na Figura 1.

2.2. Apresentação e Discussão dos Resultados da Revisão Bibliométrica e Sistemática da Literatura

A presente pesquisa está embasada em três constructos formadores da temática em pauta: ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software. Esses constructos foram utilizados como palavras-chave para o desenho e aplicação do método SLR nesta pesquisa junto aos bancos de dados científicos considerados nesta pesquisa.

Plano de Revisão

Em relação à Fase 1: Plano de Revisão, Kitchenham e Charters (2007) afirmam que a Atividade 1 (especificar questões de pesquisa) é a parte mais importante de qualquer revisão sistemática de literatura. Isto porque, segundo os autores, as questões de pesquisa conduzem toda a metodologia de revisão sistemática, ou seja, a busca deve identificar os estudos que abordam as questões de pesquisa. Assim, a extração de dados deve extrair os itens necessários para responder às perguntas e, em consequência, a análise de dados deve sintetizar os dados de tal forma que as perguntas possam ser respondidas.

Em complemento, Lopes (2012) indica que a pesquisa bibliométrica em geral possui as seguintes características: apontar os estudos em crescimento, identificar a redução de determinados temas científicos, medir os impactos das revistas cientificas e, por fim, verificar as instituições de ensino e autores que mais possuem produção acadêmica.

Em conformidade com o exposto, foram determinadas pelo pesquisador, a partir da literatura, três Questões Bibliométricas (QB) (Brereton, 2006; Felderer, Haser & Breu, 2014; Wiklund, 2017) expostas a seguir:

I. QB-1: Como foi a evolução do número de artigos publicados/ano, relacionados com à temática (constructos) considerados na pesquisa?
II. QB-2: Quais as fontes de pesquisas utilizadas (dissertação/tese, revista, biblioteca online, livro, jornal, anais e periódicos científicos?
III. QB-3: Quais são as bibliotecas digitais de conferências e periódicos científicos com mais publicações relacionadas à temática da pesquisa?

As questões de pesquisa (QP) formuladas para esta pesquisa consideraram os constructos da temática abordada (ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software):

I. QP-1: De que forma o Scrum pode ser usado em combinação com a ISO/IEC 29110?

II. QP-2: Há vantagens ou desvantagens da utilização de práticas ágeis em conjunto com a ISO/IEC 29110?
III. QP-3: Existem alguns estudos primários relacionados com o uso combinado de práticas ágeis do método Scrum, filosofia Lean Software e a norma ISO/IEC 29110?

Em relação à Atividade 2 (Desenvolver protocolo de revisão), Kitchenham e Charters (2007) afirmam que um protocolo de revisão deve conter os métodos que serão usados para realizar uma revisão sistemática de literatura específica. Um protocolo previamente definido é necessário para reduzir a possibilidade de viés do pesquisador.

Os componentes de um protocolo podem incluir os elementos da revisão, além de algumas informações adicionais de planejamento. A definição dos critérios de seleção é realizada para determinar quais estudos estão incluídos ou excluídos de uma revisão sistemática. Geralmente é útil conduzir os critérios de seleção em um subconjunto de estudos primários. Assim, os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) considerados nesta pesquisa estão listados na Tabela 1.

Critérios		**Descrição do critério**
Inclusão	CI 1	Possuir base metodológica: experiência, estudo de caso, revisões sistemáticas, mapeamentos sistemáticos.
	CI 2	Ter no título ou palavras-chaves ou resumo que apresente os constructos ISO/IEC 29110 ou Scrum ou Lean Software.
Exclusão	CE 1	Estudo duplicado.
	CE 2	Estudo que não contempla a área de qualidade de software.

Tabela 1 – Critérios de inclusão e exclusão de trabalhos. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a atividade 3 (Validar protocolo de revisão), Kitchenham e Charters (2007) afirmam que as questões básicas de revisão sistemática da literatura discutidas na Atividade 1 (Especificar questões de pesquisa) podem ser adaptadas para auxiliar a avaliação de um protocolo de SLR. Além disso, a consistência interna do protocolo pode ser verificada para confirmar que:

- Os resultados da pesquisa são apropriadamente derivados das questões de pesquisa;
- Os dados a serem extraídos abordarão adequadamente as questões de pesquisa;
- O procedimento de análise de dados é apropriado para responder às questões de pesquisa.

Condução da Revisão

Para a Atividade 4 (Identificar pesquisas relevantes), as fontes de dados para busca dos embasamentos acadêmicos e científicos utilizadas foram as seguintes bases digitais: IEEE Xplore, Elsevier (Scopus + ScienceDirect), ProQuest e ACM Digital Library. Essas fontes foram complementadas por uma busca nos principais repositórios e conferências

relacionados aos métodos ágeis e à norma ISO/IEC 29110. A razão dessa busca adicional se justifica devido haver estudos e pesquisas que discutem e combinam o método ágil Scrum e a norma ISO/IEC 29110, bem como o Lean Softwaare e a norma ISO/IEC 29110 que não foram publicados em bases de dados científicas, mas que agregam valor para a temática abordada nesta pesquisa.

Na sequência os artigos encontrados foram analisados considerando-se o título do artigo, resumo, introdução e conclusão. Por fim, ressalta-se que foram considerados artigos publicados e que passaram pela revisão por pares em seu processo de avaliação.

Em relação à Atividade 5 (Selecionar os estudos preliminares), esse processo foi realizado nos anos de 2017, 2018 e início de 2019, e um aplicativo editor de planilhas foi utilizado para estruturar os dados coletados nos trabalhos. Foram realizados quatro tipos de consultas, conforme exposto na Tabela 2.

Consulta	***String* de busca**	**Resultados**
Consulta 1	C1 (ISO/IEC 29110)	50
Consulta 2	C1 (ISO/IEC 29110) *and* C2 (Scrum)	10
Consulta 3	C1 (ISO/IEC 29110) *and* C3 (Lean Software)	5
Consulta 4	C1 (ISO/IEC 29110) *and* C2 (Scrum) *and* C3 (Lean Software)	3
Total de resultados da pesquisa		68

Tabela 2 – Consultas realizadas *versus* resultados obtidos. Fonte: elaborado pelos autores.

Todas as consultas envolveram o Constructo C1 (ISO/IEC 29110), considerado o tema base da temática abordada nestapesquisa, razão pela qual não foi realizada a pesquisa envolvendo o Constructo 2 (Scrum) em par com o Constructo C3 (Lean Software). A busca também foi realizada utilizando-se somente o termo 'ISO 29110' de forma isolada, uma vez que alguns trabalhos suprimem o termo 'IEC'. Após esta etapa, foi identificado um total de 68 estudos potenciais acerca da temática em pauta. Os resultados contendo os 68 estudos segregados por base científica digital consultada são indicados na Tabela 3.

Base de dados	**Quantidade de estudos encontrados**
IEEE Xplore	6
ACM Digital Library	2
Elsevier (Science Direct + Scopus)	10
Journal / Online library	33
ProQuest	17
Total de estudos	68

Tabela 3 – Quantidade de estudos encontrados *versus* base científica digital considerada. Fonte: elaborado pelos autores.

Aplicando-se os critérios de exclusão CE1 e CE2, obteve-se um total de 44 estudos únicos válidos, além dos cinco trabalhos relacionados nas bases de dados listadas na Tabela 3. Na primeira inserção de dados (usando-se os constructos C1 (ISO/IEC 29110) + C2 (Scrum) + C3 (Lean Software)) obteve-se 56 estudos como retorno. Entretanto, ao aplicar os critérios de avaliação da qualidade descritos na Atividade 6 (Garantir a qualidade do estudo), somente 28 estudos foram definidos como relevantes para a presente pesquisa.

Assim, os 44 estudos selecionados nas bases científicas digitais, somados aos 28 estudos encontrados na busca em outros repositórios resultaram nos 72 estudos disponibilizados no Apêndice A. Para cada estudo selecionado foi atribuída uma identificação (ID1 até ID72), tendo como critério para a ordenação tão somente a ordem de inserção do estudo na lista de estudos validados.

Ainda em relação à Atividade 6 (Garantir a qualidade do estudo), ressalta-se a adoção na metodologia empregada nesta pesquisa dos critérios indicados por Dyba e Dingsoyr (2008), quais sejam: a) o estudo é baseado em pesquisa?; b) há uma declaração clara dos objetivos da investigação?; c) existe uma descrição adequada do contexto?; d) os dados foram coletados conforme os objetivos de estudo?; e) a análise de dados foi suficientemente rigorosa?; f) há uma declaração clara dos resultados?; g) o estudo é relevante considerando prática ou pesquisa?

Os critérios descritos por Dyba e Dingsoyr (2008) e as três questões relacionadas à qualidade científica foram aplicados na seleção dos trabalhos considerados na revisão sistemática da literatura procedida nesta pesquisa.

Em relação à Atividade 7 (Extrair dados requeridos), os guias elaborados por Petersen e Mujtaba (2008) sugerem a exploração de algumas seções dos documentos, caso o resumo não seja bem estruturado ou vago. Nesta pesquisa, visando objetivar as respostas para as perguntas da pesquisa elencadas, todos os estudos selecionados após a última etapa do protocolo SLR executado foram lidos. Utilizou-se um editor de planilhas para a elaboração de um modelo para obtenção das informações pertinentes de todos os estudos considerados. Essa informação foi útil para resumir e facilitar a síntese dos dados encontrados.

Segundo Kitchenham e Charters (2007), a Atividade 8 (Sintetizar os dados) envolve a comparação e o resumo dos resultados dos estudos primários incluídos. A síntese pode ser descritiva (não quantitativa). No entanto, às vezes é possível complementar uma síntese descritiva com um resumo quantitativo. Nas respostas às questões bibliométricas formuladas nesta pesquisa foi utilizada uma abordagem descritiva, tendo sido ainda inserido um resumo quantitativo na forma de gráfico para as questões bibliométricas QB1 e QB2, conforme exposto na seção seguinte.

Revisão da Documentação

Segundo Kitchenham e Charters (2007), a Atividade 9 (Escrever o relatório da revisão) busca integrar estudos que incluam resultados e conclusões, nos quais diferentes pesquisadores podem ter usado termos e conceitos com significados sutil (ou grosseiramente) diferentes. Assim, assuntos de importância são identificados e uma síntese para cada estudo contemplado é realizada, visando responder as questões bibliométricas formuladas.

Os resultados para as três questões bibliométricas deste estudo são apresentados a seguir. Em relação à primeira questão bibliométricas (QB-1: Como foi a evolução do número de artigos publicados, relacionados com o tema da pesquisa (constructos)?) verificou-se que os trabalhos considerados estão pautados principalmente na norma ISO/IEC 29110. Pelo fato dessa norma ter sido publicada no ano 2012, considerou-se esse ano como a referência histórica para todas as pesquisas efetuadas nas bases científicas consideradas neste estudo. Já os métodos ágeis (e mais propriamente o Scrum), bem como a filosofia Lean adaptada a software apresentaram trabalhos em anos anteriores a 2012, porém não foram considerados, visando assim manter a pesquisa do estado da arte da temática vislumbrada neste estudo.

Na análise executada foi possível verificar a evolução temporal da temática abordada no campo de pesquisa considerado. O objetivo foi quantificar os trabalhos publicados que abarcam os termos ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software identificados ao longo do período de 2012 a 2018, salientando-se assim o interesse pela temática tratada nesta pesquisa. Essa distribuição temporal é apresentada na Figura 2, na qual verifica-se que o maior número de publicações deu-se em 2016.

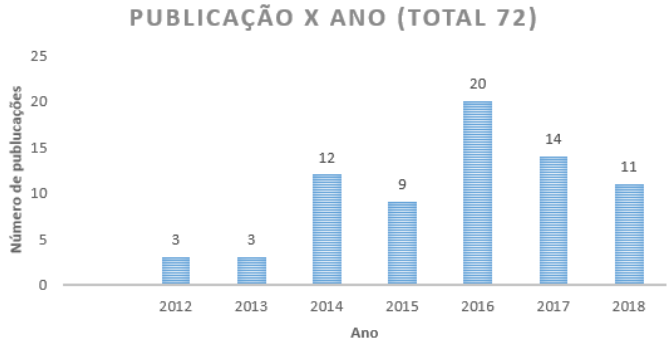


Figura 2 – Evolução temporal das publicações sobre ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software.
Fonte: elaborado pelos autores.

Em relação à segunda pergunta bibliométrica (QB-2: Quais as fontes de pesquisas utilizadas (dissertação/tese, revista, biblioteca online, livro, jornal, anais e periódicos científicos)?) foi elaborada uma lista com a quantidade de estudos agrupados, indicando as respectivas fontes de pesquisas utilizadas. Na Figura 3 pode-se notar que o maior número de ocorrências é encontrado em jornais e periódicos científicos (44 estudos ou 61% aproximadamente do total). É importante também apontar os estudos obtidos em anais de eventos contemplando Engenharia e Qualidade de Software (13 estudos), que representam 18% aproximadamente do total considerado. Nota-se ainda a Academia também está preocupada com a temática em questão, uma vez que foram encontrados quatro estudos oriundos de cursos de Stricto Sensu, sendo três dissertações de mestrado e uma tese de doutorado.

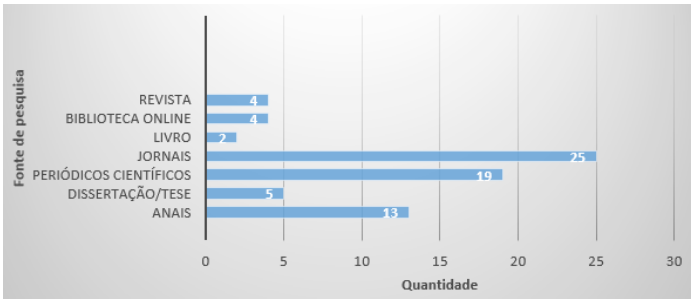


Figura 3 – Fontes de pesquisas contemplando ISO/IEC 29110, Scrum e Lean Software.
Fonte: elaborado pelos autores.

A terceira questão bibliográfica (QB-3: Quais são as bibliotecas digitais de jornais e periódicos, com mais publicações relacionadas ao tema da pesquisa?) apresentou como resultados 44 estudos. A principal base de dados, no que se refere à quantidade de estudos encontrados, foi o ProQuest, com 17 estudos (39%) do total de estudos validados. Outro fato que demonstra o interesse da comunidade científica pela temática abordada volta-se às principais bases científicas de pesquisas verificadas: IEEE, Elsevier, ProQuest e ACM, que colaboraram com 43 publicações (60% do total dos estudos validados).

A lista de todos os veículos de publicações dos 72 estudos coletados na revisão bibliomética executada nesta pesquisa é exposta no Apêndice B. Estes estudos estão distribuídos em 41 veículos de publicações. Essa diversidade de veículos demonstra um interesse elevado da comunidade científica pela temática em questão.

Em relação às questões de pesquisa, obteve-se para a questão de pesquisa 1 (QP-1: De que forma o Scrum pode ser usado em combinação com a ISO/IEC 29110?) dez estudos apresentados no Apêndice A, a saber: [ID14], [ID33], [ID34], [ID35], [ID36], [ID37], [ID38], [ID39], [ID40] e [ID41]. Nestes estudos as palavras-chave 'ISO/IEC 29110' e 'Scrum' aparecem combinadas. Na Tabela 4 é exposto um breve relato sobre os dez estudos indicados.

Autor	ID	Objetivos	Resultados	Relatos
Aleem (2016)	ID41	Compreender melhorda dimensão do desenvolvedor como um fator de sucesso na fabricação de "games".	O trabalho se concentra principalmente numa investigação empírica do efeito dos principais facilitadores no desenvolvimento de games.	O termo 'ISO/IEC 29110' aparece apenas nas referências bibliográficas, não sendo citado no texto.
Muñoz (2014)	ID34	Comparar a teoria e a realidade focada na caracterização das necessidades que as pequenas e médias empresas têm de enfrentar ao implementar uma melhoria do processo de software.	O estudo está focado em mostrar os resultados encontrados nas PMEs da região de Zacatecas (México), considerando-se para tanto uma revisão sistemática.	Cita ainda que as palavras-chave 'ISO/IEC 29110' e 'Scrum' são exemplos de termos utilizados no levantamento de dados realizados nas empresas mexicanas.

Autor	ID	Objetivos	Resultados	Relatos
Felderer (2016)	ID38	Relatar a inexistência da identificação de riscos nos processos de teste das PME.	No trabalho é realizado um estudo de casos em cinco organizações, sendo que uma delas adota o Scrum como método de desenvolvimento.	A ISO/IEC 29110 é citada como uma norma que pode ser utilizada em empresas com menos de 25 colaboradores.
Kuhrmann (2016)	ID37	Demonstrar um crescente interesse em fatores de sucesso para auxiliar as empresas na condução da SPI (Software Process Improvement).	O estudo afirma a importância da combinação Agile/Lean nos novos modelos de SPI aplicados em empresas.	O estudo faz além de relacionar esse estudo com o de (O'Connor, 2015).
Sanchez-Gordon *et al.* (2017)	ID14	Estudar no Equador três empresas VSEs, com objetivo de conhecer práticas usadas no desenvolvimento de software.	O trabalho verifica a possibilidade da adoção da ISO/IEC 29110 e entrega importante contribuição no entendimento das vantagens em se implantar a norma que é exposta no item seguinte (QP-2).	O artigo cita que o Scrum é adotado em algumas empresas na implantação do CMMI.
Pino *et al.* (2016)	ID33	Investigar a adoção de SPI em empresas desenvolvedoras de software da América Latina.	Em uma pesquisa-ação é citado o Scrum como processo leve para incorporação de melhorias, além de método de apoio ao gerenciamento e execução das atividades da formulação e execução de melhorias	A relação com a ISO/IEC 29110 repousa no fato de que a pesquisa foi realizada em algumas empresas, sendo que uma delas era um piloto da adoção da norma.
López-Lira (2014)	ID35	Propor um modelo para classificar e melhor entender de que maneira diferentes conjuntos de práticas podem ser adotadas no desenvolvimento de software.	O trabalho indica que o modelo adotado e proposto é aplicável a empresas que adotam ISO/IEC 29110.	O trabalho conclui que o modeloo também pode ser aplicado a outras normas de qualidade e empresas que adotam métodos ágeis, tais como o Scrum ou XP.
Berg et al. (2018)	ID39	Estaduar a partir do artigo de Laporte et al. (2016), as entidades VSE que utilizam a norma ISO/IEC 29110.	Os autores concluem que as certificações internacionais podem aumentar as chances de sucesso das pequenas empresas de software. Desenvolvedores em startups de software tipicamente priorizam práticas ágeis relacionadas à velocidade em vez de relacionadas à qualidade.	Padrões como a ISO, podem ajudar os desenvolvedores de software a combinar qualidade e velocidade, o que, por sua vez, pode aumentar as chances de sucesso. No entanto, como a norma ISO/IEC 29110 é destinada principalmente a empresas muito pequenas, é apenas parcialmente relevante para startups, conforme expressado no artigo.
Politowski *et al.* (2018)	ID40	Explorar o papel do processo de software no desenvolvimento de jogos.	Os resultados do estudo mostraram que não há um modelo de boas práticas para o desenvolvimento nesse tipo de empresa e sugere a criação de um modelo baseado em ISO/IEC 29110.	Os autores citam o Scrum como um possível método ágil a ser implementado.

Autor	ID	Objetivos	Resultados	Relatos
Morales-Trujillo *et al.* (2015)	ID36	Estudar a OMG (Object Management Group) estabelecida em 1989 em relação as iniciativas tecnológicas em desenvolvimento de software..	O estudo conclui que os membros das empresas participantes da OMG trabalham para transformar iniciativas em especificações tecnológicas. Assim, um roadmap para implementação de processos é apresentado.	A ISO/IEC 29110 e Scrum são citados como 'estado da arte' para tanto.

Tabela 4 – Relatos dos trabalhos encontrados para a QP-1. Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, a combinação dos constructos ISO/IEC 29110 e Scrum presentes em apenas dez estudos demonstrou a ausência de trabalhos que contemplem a elaboração de um processo definido e implementado para as VSEs.

Para a segunda questão de pesquisa (QP-2: Há vantagens ou desvantagens da utilização de práticas ágeis e ISO/IEC 29110?) foram encontrados apenas dois artigos: [ID14] e [ID38], conforme apresentado na Tabela 5.

Autor	ID	Objetivos	Resultados	Relatos
Sanchez-Gordon *et al.* (2017)	ID14	Estudar no Equador três VSEs e apresentar os resultados de entrevistas com Diretores dessas organizações.	Em uma das empresas o resultado foi que a implantação da norma poderia melhorar a imagem da empresa e melhorar o processo de trabalho, criando consistência no trabalho de desenvolvimento de software, além de tornar o negócio mais lucrativo. Um entrevistado explicou que a norma (ou padrão) é importante, porém é necessário adaptá-la à realidade da empresa. Um Diretor concluiu que "Se você pudesse alcançar o padrão, eventualmente você poderia diminuir os custos porque você teria um processo definido". Outro entrevistado observou que "o grande benefício é um software mais controlado", pois seria produzido utilizando-se um processo de desenvolvimento padronizado, o que inclusive levaria a um menor prazo para terminar um projeto.	Em contrapartida, no mesmo estudo algumas barreiras foram indicadas: a) pelos autores: a) sobrecarga de recursos (tempo, pessoas e financeiro); b) ausência de informações sobre os padrões, como diretrizes, pacotes de implantação e esquema de processo de certificação; d) poucos artigos sobre estudos de caso contemplando prazo, custo, esforço e lições aprendidas.
Felderer (2016)	ID38	Analisar o atendimento pelo desenvolvimento de software para as solicitações dos clientes.	O estudo cita que o desenvolvimento de software é impulsionado pela manutenção e evolução contínuas do produto software. Os autores atestam a existência de elevado volume de solicitações de curto prazo pelo suporte e pelo gerenciamento de clientes, que envolvem tarefas de desenvolvimento de software.	A capacidade e a flexibilidade de implementar essas tarefas em curto prazo proporciona uma vantagem competitiva para a empresa.

Tabela 5 – Relatos dos trabalhos encontrados para a QP-2. Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, os dois trabalhos confirmam que existem vantagens e desvantagens na aplicação das práticas ágeis. Entretanto, verificou-se a ausência de estudos acerca da combinação das práticas ágeis e a ISO/IEC 29110 implementadas em VSEs.

Finalmente, para a terceira questão de pesquisa (QP-3: Existem alguns estudos relacionados com o uso combinado de práticas ágeis (Scrum), Lean Software e ISO/IEC 29110?) encontrou-se apenas três trabalhos ([ID36], [ID37] e [ID39]) envolvendo os constructos considerados nesta pesquisa. A Tabela 6 apresenta um relato das principais características dos três trabalhos encontrados.

Autor	**ID**	**Objetivos**	**Resultados**	**Relatos**
Morales-Trujillo *et al.* (2015)	ID36	Estudar os métodos ágeis para construção de um metamodelo de desenvolvimento de software.	O estudo cita o Scrum e a ISO/IEC 29110 como 'estado da arte' no desenvolvimento do metamodelo de desenvolvimento de software	O trabalho também cita o Lean e Kanbam como terminologias que devem ser consideradas para construção de metamodelo de desenvolvimento de software.
Kuhrmann (2016)	ID37	Analisar em uma Revisão Sistemática da Literatura o estado da arte na melhoria de processo de software.	O estudo se torna interessante ao trazer uma coleção de metadados sobre as melhorias de processo de software, apresentados em duas dimensões: processo e contexto..	Na dimensão processo aparecem as palavras 'Agile Lean' e ISO/IEC 29110. O constructo Scrum aparece como exemplo de desenvolvimento híbrido chamado de 'Water-Scrum-Fall'.
Berg *et al.* (2018)	ID39	Estudar de forma empírica o desenvolvimento de software em startups.	Os estudos empíricos encontrados demostram que, embora as startups cujo desenvolvimento de software tentem adotar os princípios do Lean Software e métodos ágeis, elas em geral julgam ser difícil sua aplicação.	Os autores concluem que mais pesquisas são necessárias para apoiar empreendedores e desenvolvedores de software a aumentar suas chances de sucesso. Traz também em relação à norma ISO/IEC 29110, a afirmação que esta seja destinada principalmente a empresas muito pequenas, sendo portanto, apenas parcialmente relevante para startups.

Tabela 6 – Relatos dos trabalhos encontrados para a QP-3. Fonte: elaborado pelos autores.

Os três trabalhos encontrados para a QP-3 confirmam que existem estudos e interesse na busca de construção de um metamodelo que relacione os métdos ágeis ou que busque estabelecer uma combinação de suas melhores práticas. Todavia, não se encontrou trabalho de campo que confirme o uso combinado das práticas ágeis (Scrum), Lean Software e a norma ISO/IEC 29110, principalmente quando aplicáveis às VSEs.

3. Conclusões

Esse estudo teve como principal objetivo fornecer uma visão da literatura em relação à situação atual da aplicação dos principais conceitos abordados na literatura relacionados à Norma ISO/IEC 29110, Scrum e Princípios Lean, quando aplicados ao desenvolvimento de software em pequenas empresas.

Para isso foi utilizado o método científico *Systematic Literature Review* (SLR) para buscar em bases cientificas o estado da arte envolvendo os pilares dessa tese, ou seja, o uso combinado da Norma ISO/IEC 29110, método ágil Scrum e Lean Software. O estudo mostra que não existe um processo ágil que combine os três constructos base dessa pesquisa na literatura.

Os resultados apontados pela SLR em resposta às questões de pesquisas QP-1, QP-2 e QP-3 demonstraram que: em relação à combinação dos constructos ISO/IEC 29110 e Scrum, não foram encontradas proposições de processos para aplicação em VSEs, foco desse estudo. Todavia, os trabalhos encontrados na pesquisa afirmam que existem vantagens e desvantagens no uso das práticas ágeis, mas não se econtrou trabalhos que apresentem o uso combinado dessas práticas com a norma ISO/IEC 29110. Por outro lado, foram encontrados estudos que expõem o interesse no desenvolvimento de metamodelos que busquem combinar os métodos e práticas ágeis com a norma ISO/IEC 29110. Porém, não os trabalhos encontrados não mencionam a aplicação do uso combinado nas VSEs pesquisadas.

Outro fator importante apontado pela SLR aponta que o uso combinado dos constructos considerados nesta pesquisa (Norma ISO/IEC 29110, Scrum e Princípios Lean) pode agregar valor à área de desenvolvimento de software de pequenas empresas, tanto em nível nacional, quanto internacional.

Como trabalhos futuros propõe-se a implementação de um processo que poderá permitir que os projetos de software obtenham melhorias na comunicação e aumento na colaboração entre as equipes de desenvolvimento, em função da semântica da comunicação ser padronizada pelo uso da norma ISO/IEC 29110, combinada com o método ágil Scrum e os princípios de Lean Software. Essa implementação deverá trazer uma necessidade da construção de uma cultura de autogerenciamento, de forma a convencer o time de desenvolvimento que eles são os próprios gerentes (times autogerenciados do método Scrum).

Outro fator importante, respaldado pela literatura, é a importância de se encontrar ferramentas computacionais que contribuam para implementação de um processo que abranja os constructos considerados neste estudo. A automação torna-se importante no sentido de otimizar tarefas e dar visibilidade a todos do time a respeito do andamento do projeto de desenvolvimento de software. Tais possíveis aplicações poderão contribuir para que as pequenas empresas possam atuar a nível internacional.

A principal limitação deste trabalho volta-se ao não desenvolvimento do processo que combine os contructos da pesquisa neste estudo, de modo a possibilitar sua imediata aplicação. Em razão disso, fica em aberto a sugestão para novos trabalhos o desenvovimento deste processo combinado e ágil.

Referências

Abessoftware. (2018). *Mercado brasileiro de software: panorama e tendências*. São Paulo, Abessoftware.

Boehm, B. W., & Turner, R. (2003). *Balancing agility and discipline: a guide for the perplexed*. New York, Addison-Wesley.

Brereton, P., Kitchenham, B., Budgen, D., Turner, M. & Khalilc, M. (2006). Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software*, 571-583.

Cockburn, A. & Highsmiyh, J. (2001). Agile software development: The business of innovation. *Journal Computer*, 34, 120-122.

Cruz, F. (2018). *Scrum e agile em projetos: guia completo*. 2 ed. Rio de Janeiro, Brasport.

Dahlem, D. (2014). Agile practices in practice: a mapping study In: *Proceedings of 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, (pp. 1-18)*.

Dingsoyr, T. (2012). A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development *Journal of Systems and Software*, 85(6), 1213-1221.

Duarte, C. H. C. (2017). *Productivity paradoxes revisited*. New York, Springer.

Dyba, T. & Dingsoyr, T. (2008). Empirical studies of agile software development: A systematic review. *Information and Software Technology*, 50, 833-859.

Ebse Technical Report (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering,* Version 2.3.

Felderer, M., Haser, F. & Breu, R. (2014). Software paradigms, assessment types and non-functional requirements in model-based integration testing: A systematic literature review. In: *Proceedings of 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*.

Gordon, M. L. & O´Connor, R. (2016). Understanding the gap between software process practices and actual practice in very small companies. *Software Quality Journal*, 24(3), 549-570.

Kitchnham, B. & Chartes, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Staffordshire, Elsevier.

Lakatos, E. M. & Marconi, M. A. (2006). *Fundamentos da metodologia científica*. 4 ed. São Paulo, Atlas.

Lopes, S. A. (2012). Bibliometria e a avaliação da produção científica: indicadores e ferramentas. In: *Actas do 11º Congresso Nacional de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas*.

Muñoz, M., Mejia, J. & Laporte, C. (2018). Implementación del estándar ISO/IEC 29110 em centros de desarrollo de software de universidades mexicanas: experiencia del estado de Zacatecas. *Revista Ibérica e Sistemas e Tecnologias da Informação*, 29(10), 43-54.

O'Connor, R. & Coleman, G. (2007). An investigation of barriers to the adoption of software process best practice models. In: *Australian Conference on Information Systems*, (pp. 780-788).

Petersen, K. & Mujtaba, R. F. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In: *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, (pp. 1-10).

Sanchez-Gordon, M., de Amescua, A., O'connor, R, Larrucea, X. (2017). A standard-based framework to integrate software work in small settings. *Computer Standards & Interfaces*, Nov, 2017, 54 (3), 162.

Wiklund, K., Eldh, S., Sundmark, D. & Lundqvist, K. (2017). Impediments for software e test automation: A systematic literature review. *Softw Test Verif Reliab*, 27, pp. 1-20.

Apêndices

Apêndice A - Lista dos estudos relacionados na revisão bibliométrica e sistemática da literatura

A lista com o detalhamento dos estudos relacionados na revisão bibliométrica e sistemática da literatura está disponível no endereço eletrônico:

https://s3.uninove.br/app/uploads/2018/08/17141721/1558124239-1558124239-defesa-nilson-08-04-2019.pdf; (pp. 32-37, 159-165).

Apêndice B - Lista dos veículos de publicações dos estudos relacionados na revisão bibliométrica e sistemática da literatura

A lista dos veículos de publicações dos estudos relacionados está disponível no endereço eletrônico:

https://s3.uninove.br/app/uploads/2018/08/17141721/1558124239-1558124239-defesa-nilson-08-04-2019.pdf; (pp. 166-167).

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

Recebido/Submission: 25/09/2019
Aceitação/Acceptance: 19/11/2019

Effective IT governance Mechanisms in Higher Education Institutions: An empirical study

Isaías Scalabrin Bianchi[1], Rui Dinis Sousa[2], Ruben Pereira[3], Irineu Manoel de Souza[4]

isaias.bianchi@ufsc.br, rds@dsi.uminho.pt, ruben.filipe.pereira@iscte-iul.pt,

irineu.manoel@ufsc.br

[1,4] Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil

[2] University of Minho, Centre ALGORITMI, Guimarães, Portugal

[3] Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisbon, Portugal

Pages: 412–423

Abstract: Particular attention to IT Governance is required when the pervasive use of technology has created critical dependencies on IT for organizational performance and prosperity. This study attempts to assess the importance of specific mechanisms for the effectiveness of IT governance in the context of higher educational institutions. Using a qualitative approach with in-depth interviews and document analysis to collect data, a study was carried out across several countries. A mechanism in each type (structure, process, and relational) emerge as quite important: IT Strategy Committee (structure), IT Strategic Planning (process) and IT Leadership (relational).

Keywords: Mechanisms, IT Governance, Impact, Higher Education, interviews.

1. Introduction

As we can see in the annual surveys of the Society for Information Management, when looking at the last four years, IT governance has been ranked among the top five most time-consuming activities for CIOs (David et al., 2019).

IT Governance has been defined as "an actively designed set of IT governance mechanisms that encourage behavior consistent with the organization's mission, strategy, values, norms, and culture" (Weill & Ross, 2004, pp. 3-4). Different sets of IT governance mechanisms have already been identified in the financial (R. Pereira, Almeida, & Silva, 2014), healthcare (R. Pereira, Silva, & Lapão, 2014) or higher education (I. Bianchi, Sousa, Pereira, & Hillegersberg, 2017).

Several studies have shown a positive impact of effective governance of IT on organizational performance and profitability (Chong & Duong, 2017; G.L. Lunardi, Maçada, Becker, & Van Grembergen, 2016). On the other hand, ineffective IT governance might affect the organization's performance, quality of services, and management of operations and costs (Ali & Green, 2012; Jewer & McKay, 2012; Pang, 2014). In universities, ineffective

ITG might affect the quality of teaching, research and management of internal processes (e.g. access to online courses, software, academic databases, etc.).

There are few studies identifying individual effective IT governance mechanisms (G.L. Lunardi et al., 2016; Turel, Liu, & Bart, 2019), in particular in higher education institutions. Therefore, this article aims at analyzing how effective are the mechanisms of structure, process and relational in a higher education context.

This article is structured as follows: the next section introduces the theoretical background to understand IT governance at universities and the effectiveness of IT governance mechanisms. Then, the research methodology is presented with data collection and data analysis. The final section presents the conclusion with theoretical and managerial implications, as well as limitations and future research.

2. Background

IT Governance involves a set of high-level definitions, such as principles, values, and goals, operationalized through mechanisms (Wiedenhöft, Luciano, & Pereira, 2019). These mechanisms are a practical manifestation of these high-level definitions and contain day-by-day activities as a way to execute the governance of IT in practice. An IT Governance framework may be deployed using a set of mechanisms including structure, processes, and relational mechanisms (De Haes & Van Grembergen, 2004, 2005, 2009; Peterson, 2004; Weill & Ross, 2004).

Moreover, according to Tonelli et al. (2015), the results show that IT governance mechanisms can bring different results in different contexts.

Information Technology has become crucial for higher education institutions in teaching, research, and management issues (I. S. Bianchi & Sousa, 2016; Khouja, Rodriguez, Ben Halima, & Moalla, 2018; C. Pereira, Ferreira, & Amaral, 2018). Moreover, IT can be a strategic tool for universities and have an enormous impact on educational performance, learning systems, research productivity, experiences with students, projects of internationalization and interaction with universities from other countries.

IT governance is an essential and important area of study in Information Systems, and fortunately has gained more attention recently (Joshi, Bollen, Hassink, De Haes, & Van Grembergen, 2018). However, empirical studies in this field are still scarce, particularly in universities as identified in previous research (e.g. Khouja et al. (2018), Waheed et al. (2018), Oñate-Andino et al. (2019)).

2.1. Effective IT Governance Mechanisms

From a literature review, regardless of the industry sector, 46 mechanisms were identified and classified as structures, processes and relational mechanisms for IT governance. The process of identifying each mechanism was a huge endeavor, trying to reconcile several designations and understanding of every mechanism across many papers.

To assess the importance of each mechanism, 27 papers were identified accounting for 34 case studies that presented some empirical evidence of the effectiveness of some mechanisms for IT governance at higher education institutions.

To assist in the process of identifying the mechanisms implemented across several case studies in higher education institutions, the software NVIVO was used (Bazeley & Jackson, 2013). Every article was imported in "PDF" format to NVIVO and using the function "Query-> Text Search, the name of each mechanism was searched, for instance, "IT Strategy Committee", "Service Level Agreement" or "SLA", "Partnership Rewards and Incentives" and all the remaining from the set of 46 mechanisms.

To classify each mechanism regarding its effectiveness, we adopted the following: "effective" (if the mechanism is implemented and has a positive impact on IT governance or if it is recommended in the institution; "not effective" (if the mechanism is implemented and has a negative impact on IT governance in the institution); "no significant results" (if the mechanism is implemented but no positive or negative impact has been found in the institution).

Quotes were identified for all mechanisms. For instance, "IT strategy is necessary to be clear and understood by the board of directors" (Fraser & Tweedale, 2003) may imply that an IT strategy committee would be effective to ensure the IT strategy on the agenda of the institution. Table 1 shows the results from the analysis of effective IT governance mechanisms reported in the 34 case studies found in the literature review.

Mechanisms	Empirical Results	References
IT strategy committee	Effective	Fraser and Tweedale (2003), Albrecht & Pirani (2004), Ko and Fink (2010), Wilmore(2014), Ajayi and Hussin(2016)
Strategic information systems planning	Effective	Fraser and Tweedale (2003), Albrecht and Pirani (2004), Bhattacharjya and Chang (2006), Ajayi and Hussin (2016)
Service level agreements	No significant results	Ko and Fink (2010)
IT leadership	Effective	Ko and Fink (2010), Wilmore (2014)

Table 1 – Effective ITG mechanisms from Literature

Regarding the IT governance mechanisms' effectiveness in the literature review, some conclusions can be drawn. The IT strategy committee is pointed out as the most essential committee for IT governance in case studies across different countries. Indeed, the strategy committee has the mission of ensuring that IT is on the agenda to align with the business. Several authors stress the importance of having strategic information systems planning according to business needs. The resulting plan has to assure that priorities and investments of the IT area align with the mission, objectives, and goals of the organization.

Authors such as Fraser and Tweedale (2003), Albrecht and Piran (2004), Bhattacharjya and Chang (2006) and Ajayi and Hussin (2016) stress the importance of an IT plan for IT governance and business-IT alignment. Findings regarding SLA in accordance with Ko and Fink (2010) show that SLAs at universities have not a significant positive result in practice when implanted. Thus, it does not affect positively the IT performance.

Another mechanism, IT Leadership, is also noted in several articles as essential for IT governance. Proactive strategic leadership is essential for effective IT governance in universities. The next section presents the research methodology to assess how effective are the mechanisms presented in Table 1 for IT governance at universities.

3. Research Methodology

Few studies attempted to analyze the effectiveness of particular IT governance mechanisms in higher education institutions. This study intends to contribute to increase the knowledge about the effectiveness of four specific mechanisms with a confirmatory case study. A confirmatory case study is suitable for this type of study since it aims to confront a list of mechanisms previously identified in the literature with the effectiveness perceived by the practitioners.

Given the purpose of this study, we have one mechanism for structure, two for processes, and one for relational. The choice is due to the following reasons. First, we want to analyze the importance and effectiveness of these mechanisms for this type of industry. Second, the literature provides few studies analyzing these mechanisms. Lastly, we want to show that the effectiveness of these mechanisms may be different in this type of industry.

This study adopts an inductive strategy using qualitative data from semi-structured interviews to collect data from different points of view (Myers, 1997) building upon the practical experiences from key actors in the university context (Yin, 2013).

3.1. Data Collection and *Data Analysis*

Across three different regions, South America and Europe, ten universities were selected for semi-structured interviews. The interviews were carried out with CIOs, IT Coordinators, and IT Directors since they are the IT decision-makers at top management and medium levels responsible for IT issues. Table 2 shows the profile of each interviewee and Table 3 some quotes from the interviews.

I	Region	Position	Education	Experience in IT (years)	Experience in the position (years)	Duration of Interview (hours)
1	Europe	CIO	Master	25 or more	3 or less	1.5
2	Europe	CIO	Master	25 or more	10 or more	1.5
3	South America	IT Coordinator	Master	14-20	4-6	3.0
4	South America	IT Coordinator	Master	14-19	3 or less	2.5
5	South America	IT Coordinator	Master	14-19	4-6	0.5
6	Europe	IT Director	Master	20-24	3 or less	2.0
7	Europe	IT Director	Master	14-19	3 or less	1.5
8	Europe	IT Director	Master	25 or more	10 or more	1.5

I	Region	Position	Education	Experience in IT (years)	Experience in the position (years)	Duration of Interview (hours)
9	South America	IT Coordinator	Master	14-19	4-6	3.0
10	South America	IT Director	Master	14-19	10 or more	2.5

Table 2 – Information about interviewees

Mechanisms	I	Quotes from interviews
IT Strategy Committee	3	*"**The strategy committee is the most important mechanism**. Strategy is the main issue in IT."*
	7	*"We haven't implemented the IT strategy committee. But, it is **important** to have a strategy committee to **define the strategy clearly**. "*
	9	*"It is **important** to have this committee to **define such decisions and practices in the institution** and the best ways for IT."*
	3	*"**The strategy committee is the most important mechanism**. Strategy is the main issue in IT."*
Strategic Information Systems Planning	3	*"The plan should be more effective in practice. The plan is **to get resources in the strategic** plan in the university. Currently, **the board does not give proper attention to this plan...** The plan is **a tool to justify things**...The plan is **really important.**"*
	7	*"Currently, we do not have a plan. We had a plan for four years last year. A **plan is an interesting guide**. It is enlightening and **very useful.**"*
	9	*"We have (...) a strategic plan for IT. The plan is following the strategic plan by the university. Each period of the strategic plan of the university, we organize or **IT plan to align with the business goal**."*
Service Level Agreement	1	*"SLA is implemented but could be improved. It is hard to implement the effectiveness of this instrument in general or in my organization. Here this **instrument** is **not very effective** so this instrument is not applicable."*
	3	*"We have SLA only for IT outsourcing such as a printer service. It is **difficult to implement** SLA because the people do not register correctly on the system. SLA **does not impact the loss to the institution**. If we do not achieve the SLA defined on time, it is not significant".*
	7	"The SLA was defined to be fulfilled. If it does not comply, it does not affect financial loss for the institution."
IT Leadership	3	*"It is **important to have leadership in the IT department**. However, sometimes it depends on university management and who is in this position".*
	4	*"From my point of view, it is **essential to have a person as a leader that pushes and motivates your team."***

Table 3 – Quotes from Interviews

The interviews were conducted between August of 2017 and May of 2018. The questionnaire to frame the interview was developed in four parts: the first part, with general questions about the institution; the second part, with personal questions about the interviewee; the third part, with questions regarding the level of effectiveness of IT governance mechanisms. The question regarding the level of effectiveness was repeated for each one of the 46 mechanisms.

The list is well known in the literature (Almeida, Pereira, & Silva, 2013; De Haes & Van Grembergen, 2009) and has been adopted in other studies (Ko & Fink, 2010; Qassimi & Rusu, 2015; Tonelli et al., 2015). In this study, we are just analyzing some particular mechanisms.

In qualitative analysis, the text and image data are so dense and rich, not all information can be used in the analysis (Creswell, 2013). Thus, in the data analysis, the researcher needs to focus on the representative and important data regarding the topic of study.

To acquire more insights from the data, Creswell (2013) suggests to aggregate data into a small number of themes. The software "NVIVO" (version 11.3.2 for mac) was used to transcribe and analyze the qualitative data. We followed an inductive strategy in a study that adopted a qualitative approach using content analysis. Three main pre-defined categories were created to code the data (Bazeley & Jackson, 2013): Structure, Process, and Relational Mechanisms. Such data enabled us to identify the code. Table 4 provides information on this analysis.

Category	Sub-Category	Code
Structure	IT Strategy Committee	IT Strategy is the most important mechanism; it is very important to define a strategy; members with different expertise
Process	Strategic Information System Planning	Tool to get funding; tool to justify IT issues; the most important IT document needs to be summarized with affordable IT goals to be reached; Plan for each year
	Service Level Agreement	The instrument is not very effective; it is difficult to implement; it does not impact on the loss to the institution; it's necessary to fulfill the SLA; if it does not comply it does not affect financial loss.
Relational mechanism	IT Leadership	It depends on the person that is in the position; a leader to motivate people is important;

Table 4 – Analysis from Interviews

The next section presents the discussion of the IT governance mechanisms.

4. Discussion and Findings

The first structure mechanism analyzed is the IT strategy committee. The strategy committee is pointed out by interviews as an effective IT governance mechanism with a positive impact on IT performance. It is quite obvious that strategy is in the top concerns

by the managers. The definition of an IT strategy at the institutional level is mentioned as one of the most important mechanisms for IT at universities

(Albrecht & Pirani, 2004). Hence, the strategy is also pointed out as the main concern in most case studies.

Another important reason identified in the case studies is the importance of having an IT strategy committee to align IT with the business. Additionally, IT must have the organization credibility operating at a high maturity level and in the long-term, not just short term and in crisis. Therefore, it is necessary to define clearly an IT strategy (Albrecht & Pirani, 2004; Fraser & Tweedale, 2003).

Even though some universities analyzed do not have a formal strategy committee at the institutional level and the strategy is defined in the IT department, there is a consensus regarding the importance of strategy. The results show that an IT strategy committee is crucial to ensure that IT is on the agenda at the institution, to define the budget and investment in IT, to have a plan for the long term, and to define priorities in different areas of teaching, learning and administrative areas.

Thus, to ensure that the IT strategy is on the agenda at the institution, it is necessary to create an IT strategy committee composed of administrative staff, academics, and students.

The second mechanism analyzed is the Strategic Information Systems Planning (SISP) leading to an IT Strategic Plan. It is a process mechanism that is pointed out as important in most studies. However, as noted by some interviewees, the plan sometimes does not get the necessary attention. Universities, as complex organizations, need to develop a long-range strategic plan to justify funding requests for research and teaching activities as well as projects. This document is a crucial tool to justify IT activities at the institutional level and must have the recognition of senior management of the institution, in this case, the rector, pro-rectors and directors and administrative people. This document provides guidance for the priorities and investments of the IT area aligned with the mission, objectives, and goals of the organization. In other words, it is an enabler for IT and alignment with the institutional strategy (De Haes & Van Grembergen, 2009). Moreover, the organizations should maintain a detailed IT strategic plan that incorporates business requirements. In the case of universities, there should be a plan which encompasses the activities of teaching, learning, and administrative tasks.

Authors such as Fraser and Tweedale (2003), Albrecht and Piran (2004), Bhattacharjya and Chang (2006) and Ajayi and Hussin (2016) stress the importance of an IT plan for IT governance and business-IT alignment. These findings have identified that the IT strategic plan in the university should be a simple, objective and concise document to be discussed at the IT strategy committee and approved by the board of institutions such as the rector, directors and administrative staff. IT strategy must cover all areas of the university. Ismail (2008) argues that the plan should provide an aggressive and bold, yet thoughtful and measured vision for how IT should be developed, used and applied to support the university's main activities such as research and academic, teaching and learning, and administrative support services.

Additionally, Jairak et al. (2015) complement that the IT plan is an essential document in the institution related to the vision, mission, and strategy. At the University of Oxford

(2015), number one in the ranking of Times Higher Education, the IT strategic plan has only fifteen pages. It is a summarized document displaying all areas (research, education, support administrative functions, infrastructure and IT staff and skills among others) that IT strategy needs to cover at the institution.

The third mechanism analyzed is Service Level Agreement (SLA). Findings reveal a consensus between the interviewee that the SLA does not seem an essential and effective mechanism for universities. The results of this study show that SLA does not impact on ITG at universities. The effectiveness of SLA in universities is perceived as low. Moreover, the process mechanisms "SLA" is created to be achieved. If the defined time is not achieved in universities, it is not significant and does not impact on the institution. SLA is more so an internal instrument to control the employees and measure the quality of service provided. However, interviewees have awareness that it is important to define time for the services, at least for monitoring the internal performance or some IT staff members. Such results give information that is not effective in practice and also difficult to implement due to correctly filling the system. The empirical findings regarding SLA are in accordance with Ko and Fink (2010) and also show that SLAs at universities are not effective or pointed out without high relevance.

In contrast, the findings of the study by Silva et al. (2019) identified positive results on SLA in SMEs. The Service Level Agreement is a contract, between the provider and consumer of a service, aiming to define the acceptable and attainable service levels and the mutually approved set of quality indicators. It can be useful to guarantee that customers' expectations and provider's capability are mutually understood and accepted. In the context of SMEs, this mechanism can be extremely important since these organizations tend to outsource IT-enabled business solutions and their employees are usually unaware of the potential benefits and costs of IT.

The fourth mechanism is IT leadership, that is crucial to all types of organizations and is defined as "*the ability of the CIO or a member of staff in a similar role to articulate a vision for IT's role in the company and ensure that this vision is clearly understood by managers throughout the organization*" (De Haes & Van Grembergen, 2009). Nfuka and Rusu (2011) also stress that IT leadership has critical success factors for effective IT governance.

Findings from this study reveal that IT leadership is an important relational mechanism to take into account to have effective ITG. In the universities analyzed, the IT leader is usually the CIO, IT Director or IT coordinator. This position is responsible for making the bridge between IT and business as well as interacting with the board of the university. Empirical evidence shows that most universities require IT leadership from a person with a strong background and technical skills rather than a background in management education. In this sense, the IT strategy and projects to articulate IT internally sometimes depend on the vision of the person that is in this position.

To summarize, findings from this study show that it is crucial to have IT leadership to promote IT leading projects and motivate employees. Otherwise, IT at the university tends to stay in inertia without any innovation. Indeed, IT leadership is crucial for IT governance at universities as pointed out by several researchers such as Ko and Fink (2010) and Ajayi and Hussin (2016).

5. Conclusion

This research aimed at analyzing how effective were four particular IT governance mechanisms in a higher education context. Ten universities participated in this research. Interesting insights were collected from the interviews.

It became clear that universities have specificities and challenges that shape the way they should govern IT. However, regardless of their specificities, a structure such as an IT Strategy Committee, a process such as a Strategic Information Systems Planning and a relational mechanism such as IT Leadership, are perceived as effective and essential for IT governance.

6. Limitations and Future Research

This study has some limitations. First of all, the collected data was limited to ten universities. Second, only one executive was interviewed at each university. In this article, we took into account only how many times the mechanism was selected and we did not consider a ranking among them. The qualitative data collected from interviews and transcribed to NVIVO was not totally analyzed in this article and will be under examination for further research.

The authors will keep interviewing and collecting more data in universities from different countries (including private universities) as well as pursuing a validation of a list of ITG mechanisms using a greater sample in order to strengthen the outcomes of effective IT governance mechanisms at higher education institutions.

To really assess the impact of the mechanisms that were identified in this study and perceived as effective for organizational performance, a quantitative approach may be used in future work.

Acknowledgments

"This work has been supported by CAPES Foundation, Ministry of Education of Brazil Process n.º10415/13-0 and by FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia within the Project Scope: UID/CEC/00319/2019."

References

Ajayi, B. A., & Hussin, H. (2016). IT governance from practitioners' perspective: Sharing the experience of a Malaysian university. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 88*(2), 219-230.

Albrecht, B., & Pirani, J. A. (2004). *Using an IT Governance Structure to Achieve Alignment at the University of Cincinnati*. Retrieved from Boulder, Colorado: https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ers0403/cs/ECS0404.pdf

Ali, S., & Green, P. (2012). Effective information technology (IT) governance mechanisms: An IT outsourcing perspective. *Information Systems Frontiers, 14*(2), 179-193. doi:10.1007/s10796-009-9183

Almeida, R., Pereira, R., & Silva, M. (2013). *IT governance mechanisms: A literature review*. Paper presented at the 4th International Conference on Exploring Services Science, IESS 2013, Porto, Portugal.

Bazeley, P., & Jackson, K. (2013). *Qualitative data analysis with NVivo* (Second ed.). United Kingdom: Sage publications.

Benbasat, I., Goldstein, D. K., & Mead, M. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS Quarterly, 11*(3), 369-386.

Bhattacharjya, J., & Chang, V. (2006). *Adoption and implementation of IT governance: Cases from Australian higher education*. Paper presented at the 17th Australasian Conference on Information Systems, ACIS.

Bianchi, I., Sousa, R., Pereira, R., & Hillegersberg, J. (2017). *Baseline Mechanisms for IT Governance at universities* Paper presented at the 25th European Conference on Information Systems (ECIS), Guimarães, Portugal, June 5-10, 2017.

Bianchi, I. S., & Sousa, R. D. (2016). IT Governance Mechanisms in Higher Education. *Procedia Computer Science, 100*, 941-946. doi:10.1016/j.procs.2016.09.253

Chong, J. L. L., & Duong, L. N. K. (2017). Understanding IT Governance Effectiveness in Asia: An Event Study. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems, 9*(1).

Creswell, J. W. (2013). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4 ed.): Sage publications.

David, A., Nguyen, Q., Johnson, V., Kappelman, L., Torres, R., & Maurer, C. (2019). The 2018 SIM IT Issues and Trends Study. *MIS Quarterly Executive, 18*(1).

De Haes, S., & Van Grembergen, W. (2004). IT governance and its mechanisms. *Information Systems Control Journal, 1*, 27-33.

De Haes, S., & Van Grembergen, W. (2005). *IT governance structures, processes and relational mechanisms: Achieving IT/business alignment in a major Belgian financial group*.

De Haes, S., & Van Grembergen, W. (2009). An exploratory study into IT governance implementations and its impact on business/IT alignment. *Information Systems Management, 26*(2), 123-137. doi:10.1080/10580530902794786

Fraser, W., & Tweedale, R. (2003). *IT Governance at QUT*. Paper presented at the *EDUCAUSE in Australasia*, Adelaide, Australia.

Ismail, N. A. (2008). Information technology governance, funding and structure: A case analysis of a public university in Malaysia. *Campus-Wide Information Systems, 25*(3), 145-160. doi:10.1108/10650740810886321

Jairak, K., Prasong, P., & Pilastpongs, S. (2015). Information technology governance practices based on sufficiency economy philosophy in the Thai university sector. *Information Technology & People, 28*(1), 195-223. doi:10.1108/ITP-10-2013-0188

Jewer, J., & McKay, K. N. (2012). Antecedents and Consequences of Board IT Governance: Institutional and Strategic Choice Perspectives. *Journal of the Association for Information Systems, 13*(7), 581-617.

Joshi, A., Bollen, L., Hassink, H., De Haes, S., & Van Grembergen, W. (2018). Explaining IT governance disclosure through the constructs of IT governance maturity and IT strategic role. *Information & Management, 55*(3), 368-380. doi:10.1016/j.im.2017.09.003

Khouja, M., Rodriguez, I. B., Ben Halima, Y., & Moalla, S. (2018). IT Governance in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review. *International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals, 9*(2), 52-67. doi:10.4018/ijhcitp.2018040104

Ko, D., & Fink, D. (2010). Information technology governance: An evaluation of the theory-practice gap. *Corporate Governance: The international journal of business in society, 10*(5), 662-674. doi:10.1108/14720701011085616

Lunardi, G. L., Becker, J. L., & Maçada, A. C. G. (2009). *The financial impact of IT governance mechanisms' adoption: An empirical analysis with Brazilian firms*. Paper presented at the 42nd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS, Waikoloa, HI.

Lunardi, G. L., Becker, J. L., Maçada, A. C. G., & Dolci, P. C. (2014). The impact of adopting IT governance on financial performance: An empirical analysis among Brazilian firms. *International Journal of Accounting Information Systems, 15*(1), 66-81. doi:10.1016/j.accinf.2013.02.001

Lunardi, G. L., Maçada, A. C., Becker, J. L., & Van Grembergen, W. (2016). Antecedents of IT Governance Effectiveness: An Empirical Examination in Brazilian Firms. *Journal of Information Systems, 31*(1), 41-57. doi:10.2308/isys-51626

Myers, M. D. (1997). Qualitative Research in Information Systems. *MIS Quarterly, 21*(2), 241-242.

Nfuka, E. N., & Rusu, L. (2011). The effect of critical success factors on IT governance performance. *Industrial Management & Data Systems, 111*(9), 1418-1448. doi:10.1108/02635571111182773

Oñate-Andino, A., Mauricio, D., Arcos-Medina, G., & Pastor, D. (2019). The Application and Use of Information Technology Governance at the University Level. In K. Arai, S. Kapoor, & R. Bhatia (Eds.), *Intelligent Computing* (pp. 1028-1038). Cham: Springer.

Pang, M. S. (2014). IT governance and business value in the public sector organizations - The role of elected representatives in IT governance and its impact on IT value in US state governments. *Decision Support Systems, 59*, 274-285. doi:10.1016/j.dss.2013.12.006

Pereira, C., Ferreira, C., & Amaral, L. (2018). An IT Value Management Capability Model for Portuguese Universities: A Delphi Study. *Procedia Computer Science, 138*, 612-620. doi:10.1016/j.procs.2018.10.082

Pereira, R., Almeida, R., & Silva, M. (2014). *IT Governance Patterns in the Portuguese Financial Industry*. Paper presented at the 47th Hawaii International Conference on Systems Sciences, HICSS, Hawaii, USA.

Pereira, R., Silva, M., & Lapão, L. (2014). Business/IT Alignment through IT Governance Patterns in Portuguese Healthcare. *International Journal of IT/Business Alignment and Governance (IJITBAG), 5*(1), 1-15. doi:10.4018/ijitbag.2014010101

Peterson, R. (2004). Crafting Information Technology Governance. *Information Systems Management, 21*(4), 7-22. doi:10.1201/1078/44705.21.4.20040901/84183.2

Qassimi, N. A., & Rusu, L. (2015). IT Governance in a Public Organization in a Developing Country: A Case Study of a Governmental Organization. *Procedia Computer Science, 64*, 450-456. doi:10.1016/j.procs.2015.08.541

Tonelli, A. O., Bermejo, P. H., Santos, P. A., Zuppo, L., & Zambalde, A. L. (2015). It governance in the public sector: a conceptual model. *Information Systems Frontiers*, 1-18. doi:10.1007/s10796-015-9614-x

Turel, O., Liu, P., & Bart, C. (2019). Is board IT governance a silver bullet? A capability complementarity and shaping view. *International Journal of Accounting Information Systems, 33*, 32-46. doi:10.1016/j.accinf.2019.03.002

University of Oxford. (2015). The IT Strategic Plan fo*r the University of Oxford , 2013-2018*

Waheed, H., Hussin, H., & Jalaldeen, M. R. (2018). *The Influence of IT Leaders' Leadership Behaviour on IT Governance Performance in Higher Education: A Literature Review*. Paper presented at the International Conference on Information and Communication Technology for the Muslim World (ICT4M), Kuala Lumpur, Malaysia.

Weill, P., & Ross, J. W. (2004). *IT governance: How top performers manage IT decision rights for superior results*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.

Wiedenhöft, G. C., Luciano, E. M., & Pereira, G. V. (2019). Information Technology Governance Institutionalization and the Behavior of Individuals in the Context of Public Organizations. *Information Systems Frontiers*. doi:10.1007/s10796-019-09945-7

Wilmore, A. (2014). IT strategy and decision-making: a comparison of four universities. *Journal of Higher Education Policy and Management, 36*(3), 279-292. doi:10.1080/01587919.2014.899056

Yin, R. K. (2013). *Case study research: Design and methods*: Sage publications.

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

Recebido/Submission: 11/07/2019
Aceitação/Acceptance: 19/10/2019

Comparación de controladores y modelado matemático de un levitador magnético

Erick P. Herrera-Granda[1], Karla A. Herrera-Mayorga[1], Israel D. Herrera-Granda[1, 2], Luz Marina Sierra Martínez[3], and Diego H.Peluffo-Ordoñez[4, 5]

epherrera@utn.edu.ec, kaherreram@utn.edu.ec, idherrera@utn.edu.ec, lsierra@unicauca.edu.co, dpeluffo@yachaytech.edu.ec, diego.peluffo@sdas-group.com

[1] Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, 100150, Ibarra, Ecuador.

[2] Escuela de Doctorado en Ingeniería y Producción Industrial, Universidad Politécnica de Valencia, 46022, Valencia, España.

[3] Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca, 190002, Popayán, Colombia.

[4] Escuela de Ciencias Matemáticas y Tecnología Informática, Universidad Yachay Tech, 100650, Urcuquí, Ecuador.

[5] Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, 520001, Pasto, Colombia.

Pages: 424–438

Resumen: Este trabajo presenta el modelado matemático y la simulación de un levitador magnético, así como una comparación de las diferentes técnicas de control aplicadas en el sistema, con el fin de visualizar las ventajas presentes en cada técnica empleada. El modelado dinámico se realizó aplicando la formulación de Newton Euler, y las ecuaciones obtenidas se representaron en el estado espacial. Luego se linealizó el sistema aplicando la aproximación de Taylor y se utilizaron las matrices obtenidas para el diseño del controlador. Los controladores empleados para la comparación fueron: controlador de realimentación, regulador lineal-cuadrático (LQR), y el controlador de media móvil no lineal autorregresiva (NARMA) basado en redes neuronales. Finalmente, los controladores diseñados y la planta fueron probados bajo varias simulaciones usando MATLAB y Symulink. Los resultados demostraron que las tres técnicas eran capaces de estabilizar este sistema en particular, y se encontraron algunas ventajas significativas al aplicar las técnicas NARMA y LQR.

Palabras-clave: Levitador magnético, modelización, controlador de retroalimentación, comparación, NARMA

Comparison of controllers and mathematical modeling of a magnetic levitator

Abstract: This work presents the mathematical modeling and simulation of a magnetic levitator, and a comparison of different control techniques, applied on the system, in order to visualize which technique better stabilizes the magnetic levitator.

The dynamical modeling was done applying the Newton Euler's formulation, and the obtained equations were represented on the space state. Then the system was linearized applying Taylor's approximation, and the obtained matrixes were used for the controller's design. The employed controllers for the comparison were: Feedback Controller, Linear–quadratic regulator (LQR), and the neural-network based nonlinear autoregressive moving average controller (NARMA). Finally, the designed controllers and the plant were tested under several simulations using MATLAB and Symulink. The results proved that the three techniques were capable of stabilizing this particular system, and some significant advantages were found applying the NARMA and LQR techniques.

***Keywords**:* Magnetic Levitator, Modeling, Feedback Controller, Comparison, NARMA.

1. Introducción

Los sistemas de levitación magnética (SLM) presentan varios retos en el campo del control automático ya que son dispositivos que permite controlar objetos a flote suspendidos en el aire sin que exista contacto contra otros objetos, de esta forma nos permiten evadir la acción de la fuerza de fricción o fuerza de rozamiento mediante campos magnéticos, contraponiendo la fuerza de gravedad.

La levitación magnética ha sido ampliamente investigada por la comunidad científica y utilizada en varios campos industriales como por ejemplo en los trenes, la cual sin duda es una de las aplicaciones más conocidas, además de muchas otras áreas de carácter tecnológico.

Las principales metodologías de control aplicadas en este tipo de sistema son: Proporcional-Derivativo (PD), Proporcional-Integral-Derivativo (PID), controladores inspirados en redes neuronales (NEURAL), (LQR), controlador de modo deslizante (SM), controlador ajustable de inclinación integral derivada integral (TID), y el controlador derivado integral inclinado (I-TD), los cuales permiten manipular y estabilizar las variables que se desean controlar.

En el trabajo de (S. Folea, C. I. Muresan, R. De Keyser, & C. M. Ionescu, 2016) se utiliza el cálculo fraccional para mejorar el rendimiento de los sistemas de circuito cerrado. En (Su & Li, 2016) se emplea un modelo matemático que considera a detalle la geometría del imán que va a ser parte del sistema. Lin & Ly propusieron un control cada vez más efectivo para un SLM, mediante la implementación de una red Petri y lógica difusa. En 2016, Eroğlu y Ablay propusieron un modelo de control en cascada basado en un modo deslizante para poder estabilizar y conocer la posición correcta del objeto levitado (Eroğlu & Ablay, 2016). Amin Noshadi(Noshadi, 2016) mencionan que el rendimiento de los controladores difusos depende en gran medida de los parámetros que generalmente se ajustan a un proceso de prueba.(K. B. Kim, S. H. Im, D. Y. Um, & G. S. Park, 2019) proponen un control que utiliza un filtro difuso, además se implementaron electroimanes los cuales cumplen la función de proporcionar fuerza y estabilización de una forma horizontal, su SLM muestra un bajo rendimiento y una perturbación de espacio de aire. En el artículo de Benomair eta al., (A. M. Benomair, A. R. Firdaus, & M. O. Tokhi, 2016) se utilizó una combinación de control de modo deslizante, en el cual su consumo de energía se utilizó para estimar el valor de sus estados. En el trabajo de

(S. Folea et al., 2016) se propone un sistema de control que utiliza un filtro difuso y un controlador de orden fraccional. Los autores (K. Su & C. Li, 2016) proponen utilizar la fuerza electromagnética para flotar, lo que permite reducir la vibración, de esta manera los parámetros del modelo matemático se basan en la geometría del imán permanente y se empleó un algoritmo de descenso de gradiente para la actualización de las funciones de membresía de un controlador difuso.

Binazadeh et al.(Binazadeh, Shafiei, & Rahgoshay, 2015) proponen estabilizaciones asintóticas a través de sistemas polinomiales para un SLM implementando un controlador SM de primer orden. (Sain, Swain, & Mishra, 2016) propusieron un diseño de controlador derivado integral inclinado (I-TD) y su rendimiento fué comparado con un controlador inclinado convencional (TID), cuyos parámetros fueron optimizados mediante un algoritmo genético (GA) para estabilizar el sistema, de esta manera se demostró la superioridad del I-TD en términos de máximo sobrepico, margen de ganancia y margen de fase. (Akbatı, Üzgün, & Akkaya, 2019) diseñaron e implementaron un controlador de lógica difusa utilizando lenguaje de descripción de hardware de circuito integrado de muy alta velocidad (VHDL) en una matriz de compuerta programable de campo (FPGA) todo esto enfocado en el estudio de los sistemas de levitación magnética. Chih-Min Lin et al., (C.-M. Lin & Huynh, 2019) proponen un controlador de articulación del modelo neuro-difuso (CMAC) utilizando una técnica dinámica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS) para tratar con el control de posición de la esfera metálica de un SLM. (Chang, Hu, & Lue, 2018) verificaron el movimiento del caos de un imán utilizando el sistema de levitación con una esfera ferromagnética suspendida en un campo magnético controlado por voltaje, de esta manera explica el comportamiento de un sistema caótico controlado. Alex Nemiroski (Nemiroski et al., 2016) presenta métodos que utilizan la levitación magnética MAGLEV para medir diferencias muy pequeñas en la densidad de objetos diamagnéticos sólidos suspendidos en un medio paramagnético. Amit S. Chopade et al., (Chopade, Khubalkar, Junghare, Aware, & Das, 2018) proponen como objetivo emplear el orden fraccional controlador y número entero integral derivado (FO-PID) además de ordenar al controlador PID que controle la posición del objeto levitado en un SLM, que es inherentemente a un sistema no lineal e inestable. Zhang et al., (Zhang, Mehrtash, & Khamesee, 2016) presentan una nueva metodología para determinar la posición de un robot guiado magnéticamente (MGR) en planos horizontales con sensores de flujo magnético. Por otro lado, Ginoya et al., (Ginoya, Gutte, Shendge, & Phadke, 2016) propusieron un controlador de modo deslizante basado en la observación de perturbaciones para el circuito eléctrico. Boonsatit et al., (Boonsatit & Pukdeboon, 2016) desarrollan dos leyes de control basadas en conceptos de modo deslizante abierto para el primer controlador, se utilizó un controlador de modo deslizante adaptativo que está diseñado para controlar un SLM. El otro controlador también está desarrollado combinando un método de control de modo deslizante de terminal rápido con una técnica adaptativa. Tran et al., (Tran, Suzuki, & Sakamoto, 2017) presentan un controlador óptimo no lineal que está diseñado a través de un colector estable que utiliza multiplicadores de Lagrange para considerar todas las restricciones del sistema. Takao et al., (Takao, Negishi, Fujita, Kaneko, & Kamijo, 2018) proponen un sistema de levitación magnética que incorpora un imán, un bulto superconductor de alta temperatura (HTS) y un material ferromagnético, se cambió el imán permanente por un imán HTS para mejorar las propiedades de levitación del sistema. Yaseen et al., (Yaseen

& Abd, 2018) proponen un nuevo sistema de levitación magnética usando una función de simulink para el control en tiempo real del microcontrolador (SIMLAB). El sistema de control del sistema de transporte MAGLEV se verifica mediante simulaciones con resultados experimentales y su superioridad se indica en comparación con la literatura previa y las estrategias de control convencionales. (Adıgüzel, Dokumacılar, Akbatı, & Türker, 2018) exponen que la dinámica de los sistemas de levitación magnética contiene linealidades de alto orden e incertidumbres sobre los parámetros físicos. A pesar de estas incertidumbres y linealidades, se plantearon como objetivo principal llevar el error de seguimiento de posición de la pelota a cero. Lin et al., (C.-J. Lin & Chen, 2015) proponen un enfoque recurrente del controlador neural difuso (RNFC) basado en una auto-organización además de un algoritmo mejorado de optimización de enjambre de partículas (SOIPSO) utilizado para resolver problemas de control.

Eissa et al., (Eissa, Kandil, El-Ganaini, & Kamel, 2015) proponen un controlador de saturación no lineal con retraso de tiempo para reducir la vibración horizontal de un cuerpo levitado magnéticamente, descrito por una ecuación diferencial no lineal sometida tanto a fuerzas externas como moduladas. Takao et al., (Takao et al., 2015) utilizaron un sistema básico que está compuesto por una barra ferromagnética, el bulto HTS y un imán permanente. Para aumentar la fuerza de levitación, se propuso dos tipos de sistemas modificados que se colocan uno al lado del otro.

En este trabajo se presenta el desarrollo del modelado de un sistema de levitación magnética por espacio de estados, el cual fue implementado en Simulink empleando tres estrategias de control y se ejecutaron simulaciones, las cuales permitieron compararlos y conocer las bondades y particularidades de cada controlador.

2. Materiales y Métodos

El objetivo del controlador será regular el valor de la corriente *i* del circuito del electroimán, de tal forma que la esfera se mantenga suspendida a una distancia constante $x = X$ del electroimán. La tensión o voltaje aplicada al circuito es *v(t)* y actúa como variable de control. (Muñoz and Fernandez, 2017). Para lograr este fenómeno, se necesitan analizar las diferentes fuerzas que actúan en este sistema como se muestra en la siguiente figura (Sira-Ramirez *et al.*, 2005), (Beltrán, Ramírez and Guayazan, 2018). Un esquema del sistema de levitación magnética se muestra en la figura 1.

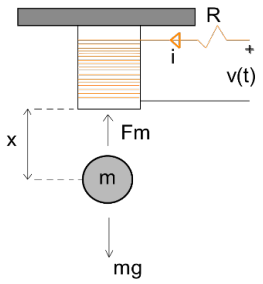


Figura 1 - Representación del sistema de levitación magnética.

Donde i es la corriente del circuito, x es el desplazamiento de la esfera medido desde el electro magneto, L es la inductancia del electro magneto, m es la masa del objeto y Fm es la fuerza de atracción que ejerce el magneto sobre la esfera, la cual es inversamente proporcional a la distancia X y directamente proporcional al cuadrado de la corriente (Pastor Duran and Rubio García, 2015).

2.1. Modelado dinámico

Para una entrada $u(t)$ que equivale al voltaje, y una salida deseada $y(t)$ que equivale a la posición vertical de la esfera, mediante los procesos matemáticos respectivos, se puede reducir el modelo del sistema de levitación magnética a las siguientes ecuaciones:

$$L\frac{di}{dt} = -Ri + u \tag{1}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = mg - Fm = mg - \frac{ci^2}{x} \tag{2}$$

Comúnmente los datos experimentales se obtienen a través de un foto-sensor con el que se mide la altura de la esfera metálica suspendida en el aire. Este modelo propuesto describe con cierta precisión el fenómeno de la levitación magnética. Sin embargo, tal modelo no es válido para distancias muy pequeñas o cero (Sira-Ramirez *et al.*, 2005), (Beltrán, Ramírez and Guayazan, 2018).

Para reescribir el modelo en el espacio de estados se asigna como variables la posición vertical del objeto flotante $x_1 = x$, la velocidad del objeto $x_2 = \dot{x}$, y la corriente que circula por el electroimán $x_3 = i$. De esta manera al reescribir las ecuaciones diferenciales anteriores y derivar cada estado se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden.

$$\dot{x} = x_2 \tag{3}$$

$$\dot{x}_2 = g - \frac{c}{m}\frac{x_3^2}{x_1} \tag{4}$$

$$\dot{x}_3 = -\frac{Rx_3}{L} + \frac{1}{L}u \tag{5}$$

$$y = x_1 \tag{6}$$

2.3. Punto de equilibrio y linealización del sistema

El punto de equilibrio se obtiene igualando a cero las derivadas de los estados en las ecuaciones diferenciales anteriores, y evaluando el resultado para con una entrada de equilibrio constante $u = U_q$. Obtenemos entonces los puntos de equilibrio x_{1q}, x_{2q} y x_{3q} en función del valor deseado X, que es la distancia deseada a la que se dejará levitando

la masa:

$$0 = x_{2q} \rightarrow x_{2q} = 0 \tag{7}$$

$$0 = g - \frac{c\left(x_{3q}\right)^2}{m x_{1q}} \rightarrow g = \frac{c\left(x_{3q}\right)^2}{m x_{1q}} \tag{8}$$

$$0 = -\frac{R x_{3q}}{L} + \frac{1}{L} U_q \rightarrow R x_{3q} = U_q \tag{9}$$

Entonces el punto de equilibrio del sistema para la posición deseada X es:

$$x_{1q} = X \; ; \; x_{2q} = 0 \; ; \; x_{3q} = \sqrt{\frac{mgX}{c}} \; ; \; U_q = R\sqrt{\frac{mgX}{c}} \tag{10}$$

El MLS es un sistema de tercer orden, con por lo que las matrices constantes A, B, C y D se pueden obtener mediante una linealización aproximada por expansión en serie de Taylor:

$$A = \left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_{X,U} \; ; \; B = \left.\frac{\partial f}{\partial u}\right|_{X,U} \; ; \; C = \left.\frac{\partial g}{\partial x}\right|_{X,U} \; ; \; D = \left.\frac{\partial g}{\partial u}\right|_{X,U} \tag{11}$$

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \frac{\partial f_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \frac{\partial f_2}{\partial x_3} \\ \frac{\partial f_3}{\partial x_1} & \frac{\partial f_3}{\partial x_2} & \frac{\partial f_3}{\partial x_3} \end{pmatrix} \; ; \; B = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial u} \\ \frac{\partial f_2}{\partial u} \\ \frac{\partial f_3}{\partial u} \end{pmatrix} \; ; \; C = \begin{pmatrix} \frac{\partial g}{\partial x_1} & \frac{\partial g}{\partial x_2} & \frac{\partial g}{\partial x_3} \end{pmatrix} \; ; \; D = \frac{\partial g}{\partial u} \tag{12}$$

La evolución de las perturbaciones de estado del presente modelo está gobernada por el sistema de ecuaciones diferenciales lineales obtenido del proceso de linealización alrededor de los valores de equilibrio. Se efectúan las derivaciones parciales y sustitución de los valores del punto de equilibrio para cada elemento de la matriz. Por ejemplo, para la matriz A se tiene:

$$\frac{\partial f_1}{\partial x_2} = \frac{\partial\left(x_2\right)}{\partial x_2} = 1 \; ; \; \frac{\partial f_1}{\partial x_1} = \frac{\partial\left(x_2\right)}{\partial x_1} = 0 \; ; \; \frac{\partial f_1}{\partial x_3} = \frac{\partial\left(x_2\right)}{\partial x_3} = 0$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x_1} = \frac{\partial\left(g - \frac{c}{m}\frac{\left(x_3\right)^2}{x_1}\right)}{\partial x_1} = \frac{g}{X} \; ; \; \frac{\partial f_2}{\partial x_2} = \frac{\partial\left(g - \frac{c}{m}\frac{\left(x_3\right)^2}{x_1}\right)}{\partial x_2} = 0 \; ; \; \frac{\partial f_2}{\partial x_3} = \frac{\partial\left(g - \frac{c}{m}\frac{\left(x_3\right)^2}{x_1}\right)}{\partial x_3} = -2\sqrt{\frac{cg}{mX}}$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x_3}=\frac{\partial\left(-\frac{R}{L}x_3+\frac{1}{L}u\right)}{\partial x_3}=\frac{-R}{L}\ ;\ \frac{\partial f_3}{\partial x_2}=\frac{\partial\left(-\frac{R}{L}x_3+\frac{1}{L}u\right)}{\partial x_2}=0\ ;\ \frac{\partial f_3}{\partial x_1}=\frac{\partial\left(-\frac{R}{L}x_3+\frac{1}{L}u\right)}{\partial x_1}=0$$

Por lo que el sistema linealizado es:

$$\begin{pmatrix}\dot{x}_{1\delta}\\ \dot{x}_{2\delta}\\ \dot{x}_{3\delta}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & 1 & 0\\ \frac{g}{X} & 0 & -2\sqrt{\frac{cg}{mX}}\\ 0 & 0 & -\frac{R}{L}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_{1\delta}\\ x_{2\delta}\\ x_{3\delta}\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0\\ 0\\ \frac{1}{L}\end{pmatrix}u \tag{13}$$

Donde el subíndice δ simboliza al sistema aproximado y la función de transferencia asociada correspondiente es:

$$G_X(s)=\frac{y_\delta(s)}{u_\delta(s)}=-\frac{\frac{2}{L}\sqrt{\frac{cg}{mX}}}{\left(s^2-\frac{g}{X}\right)\left(s+\frac{R}{L}\right)} \tag{14}$$

2.5. Diseño de controladores

Las técnicas de control que se emplearon en el sistema de levitación magnética fueron State Feedback (asignación de polos empleando el criterio de Ackerman), Linear Quadratic Regulator (LQR) y el controlador neural Nonlinear Autoregresive Mobile Average (NARMA). Las ganancias de los controladores se obtuvieron empleando las matrices A, B, C y D del sistema linealizado, empleando como parámetros para el prototipo una gravedad $g=9{,}8\ m/s^2$, capacitancia de $c=1\frac{m^2 kg}{s^2 A^2}$, masa $m=0{,}1\ kg$ resistencia $R=$Ù , una inductancia $L=1\times10^{-2}\ H$ y se desea que el objeto se estabilice a una altura $X=0.15\ m$ (Sira-Ramírez et al., 2005).

Posteriormente se verificó la controlabilidad del MLS que corresponde a la ecuación (14).

$$C=\left[B:AB:A^2B\right]=\begin{bmatrix}0 & 0 & \frac{-2}{L}\sqrt{\frac{cg}{mX}}\\ 0 & \frac{-2}{L}\sqrt{\frac{cg}{mX}} & \frac{2R}{L}\sqrt{\frac{cg}{mX}}\\ \frac{1}{L} & \frac{-R}{L^2} & \frac{R^2}{L^3}\end{bmatrix} \tag{14}$$

Mediante Matlab se identificó la ubicación de los polos del sistema, su controlabilidad y observabilidad mediante las funciones *obsv*, *ctrb* y *rlocus*, donde se encontró que ambas matrices son full rank por lo que se concluyó el sistema es controlable y se pudo diseñar un observador de estados que permita estimar los estados x_2 y x_3, además los polos están ubicados en las posiciones 14, -14 y -100 del plano complejo por lo que se los debe reubicar para estabilizar el sistema.
Posteriormente, se ingresó el modelo no lineal a Simulink el mismo que permitió efectuar las simulaciones empleando las ecuaciones diferenciales (1) y (2) del sistema. Tras ingresar los elementos necesarios de las ecuaciones del sistema, se creó un subsistema denominado planta que contiene al sistema no lineal con sus ecuaciones, como se muestra en la figura 2.

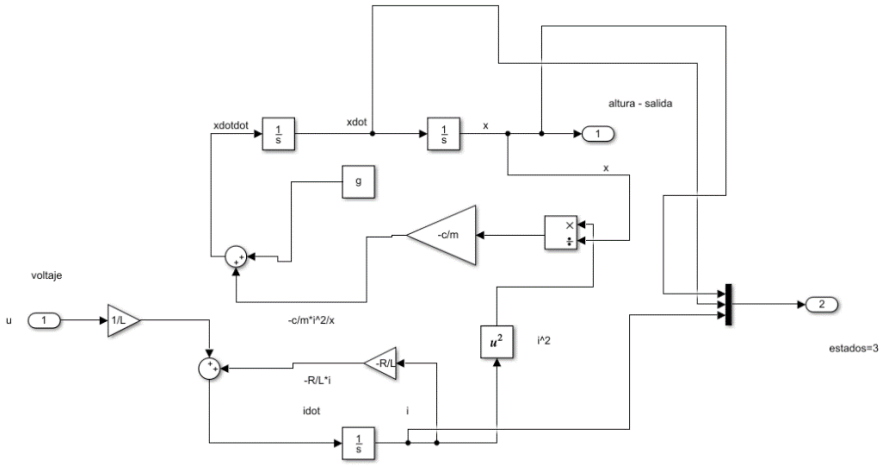


Figura 2 – Esquema para el diseño del sistema de levitación magnética

2.8. Controlador State Feedback

EL controlador State Feedback permite reubicar los polos del sistema en la posición deseada del plano complejo. La estabilización se obtiene por medio de las ganancias K que se multiplican con cada estado y lo realimentan de manera negativa en la entrada de acuerdo con las ecuaciones:

$$u(t) = -Kx(t) + r(t) \tag{26}$$

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + B\left[-Kx(t) + r(t)\right] \tag{29}$$

Las ganancias fueron calculadas empleando el criterio de Ackerman empleando la función *acker* de Matlab. De esta manera empleando Simulink se construyó el modelo del sistema con realimentación de estado cuyas características se muestran en las figuras 3 y 4.

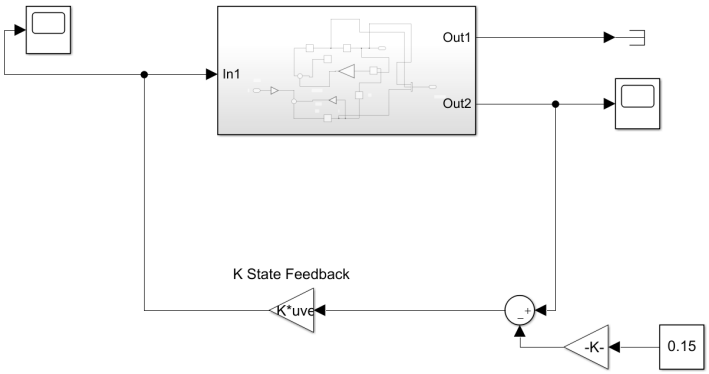


Figura 3 – Controlador State Feedback del SLM

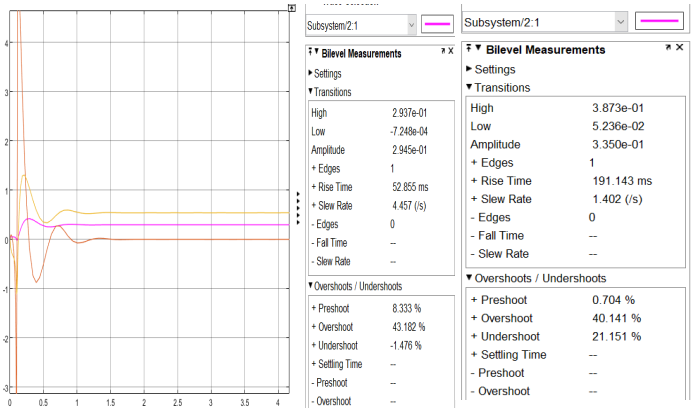


Figura 4 – Respuesta en el tiempo de los estados controlador State Feedback

2.9. Controlador LQR

El controlador LQR es un controlador por realimentación de estados que corresponde a la categoría de controladores óptimos, debido a que se basa en la minimización de la función de costo que permite reducir el error entre la señal y la referencia deseada. Para el espacio de estado de las ecuaciones (30) y (31).

$$\dot{x} = Ax + Bu; x \in \mathbb{R}^n; u \in \mathbb{R}^p \tag{30}$$

$$y = Cx \tag{31}$$

La función de costo y el criterio de desempeño se define como $J = \int_0^\infty \left[x^T(t) Q x(t) + u^T(t) R x(t) \right] dt$ donde Q y R son los parámetros del controlador

y se definieron por el criterio de Bryson. El controlador óptimo se alcanza cuando se minimiza la función de costo J y sus resultados se emplean en la ley de control:

$$u(t) = -Kx(t) \tag{32}$$

Donde

$$K = R^{-1}B^T P \tag{33}$$

De donde se obtiene P que es la única solución positiva de la ecuación algebraica de Ricati (EAR).

$$A^T P + PA - PBR \quad B^T P + Q = \tag{34}$$

La figura 5 muestra la respuesta en el tiempo del controlador LQR para los estados.

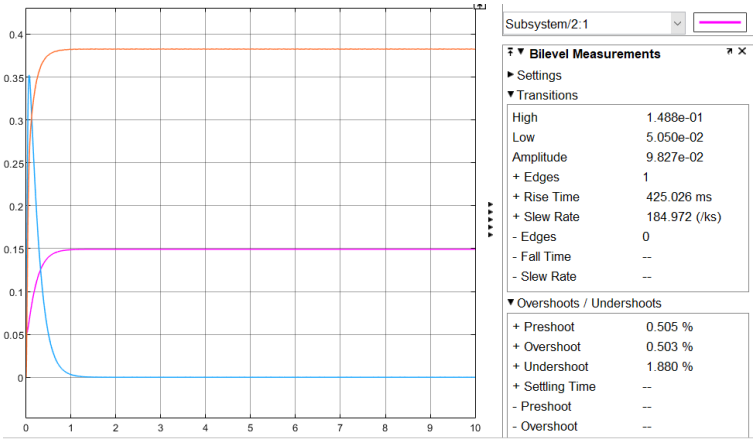


Figura 5 – Respuesta en el tiempo de los estados controlador LQR

2.9. Controladores de redes neuronales tipo NARMA

Se usó un modelo estandarizado para el controlador neural NARMA cuyo modelo se muestra en la ecuación:

$$y(k+d) = N\left[y(k), y(k-1), \ldots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \ldots, u(k-n+1)\right] \tag{36}$$

Donde u(k) es la entrada del sistema e y(k) es la salida del sistema. La ley de control para el controlador NARMA es:

$$u(k+1) = \frac{y_r(k+d) - f\left[y(k), \ldots, y(k-n+1), u(k), \ldots, u(k-n+1)\right]}{g\left[y(k), \ldots, y(k-n+1), u(k), \ldots, u(k-n+1)\right]} \tag{37}$$

La estructura del controlador NARMA del toolbox de Beep Learning de Matlab empleada en el SLM se presenta en la figura 6.

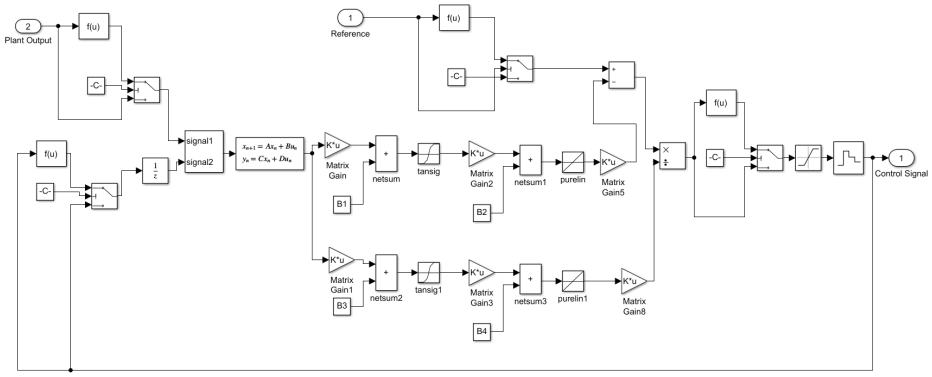


Figura 6 – Estructura del controlador NARMA de Matlab

Para la etapa de entrenamiento de la red neuronal se aplicó el método de Levenberg-Marquard empleando 10000 muestras mediante una entrada aleatoria cuyas características se muestran en las figuras 7 y 8.

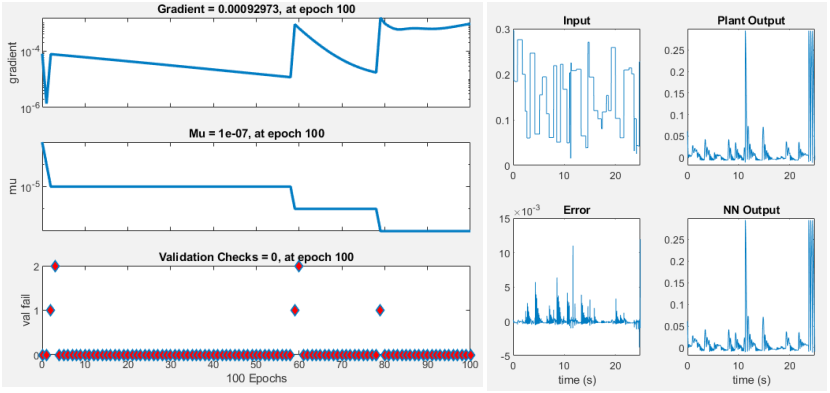


Figura 7 – Resultados del entrenamiento de la red neuronal

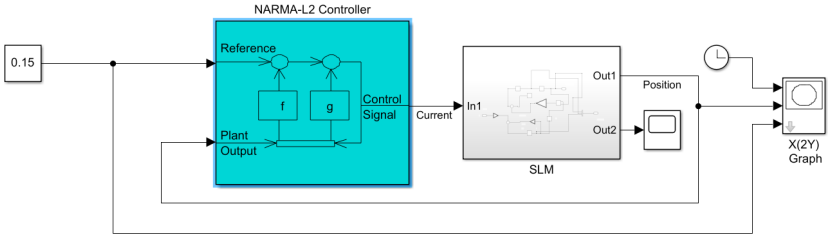


Figura 8 – Modelo de Simulink para el controlador NARMA del MLS

Se realizaron varias etapas de simulación usando una señal de referencia constante que corresponde a la altura donde se desea que el objeto permanezca levitando. La figura 9 muestra la respuesta en el tiempo del controlador NARMA para la altura deseada.

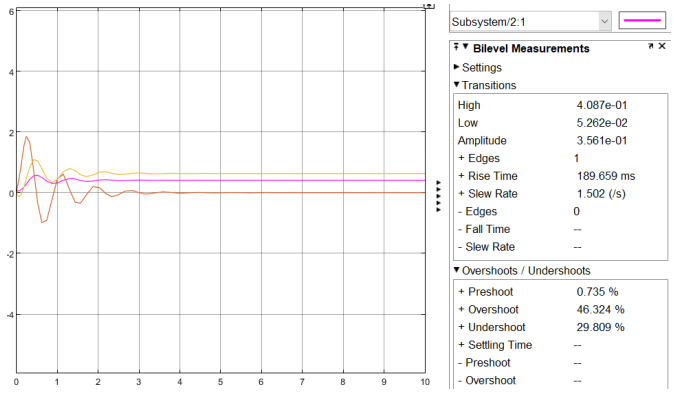


Figura 9 – Respuesta en el tiempo de los estados controlador NARMA

4. Resultados y discusión

Como se mostró en la sección anterior en las figuras 5, 7 y 11 se presenta la respuesta en el tiempo de todos los estados empleando cada uno de los tres controladores. Los parámetros seleccionados que permiten establecer una comparación entre el comportamiento de los tres controladores son el porcentaje de sobreimpulso (overshoot), el porcentaje de impulso por debajo del objetivo (undershoot), el tiempo de subida (rise time) y el rango de cambio de forma de onda slew rate. Los resultados para los parámetros de comparación de las tres técnicas empleadas se muestran en la tabla 1.

Especificación de desempeño	State Feedback	LQR	NARMA
Overshoot	40.14%	0.50%	46.32%
Undershoot	21.15%	1.88%	29.80%
Rise time	191.14 (ms)	425 (ms)	189.65 (ms)
Slew rate	1.40 (/s)	184.97 (/s)	1.50 (/s)

Tabla 1 – Características de desempeño de los controladores para su respuesta en el tiempo

Adiciomalmente se desarrolló un modelo de realidad virtual que permitió visualizar el correcto funcionamiento del sistema, mediante un bloque de VR SINK que permite reproducir una animación del sistema en funcionamiento en un entorno virtual como se muestra en la figura 12.

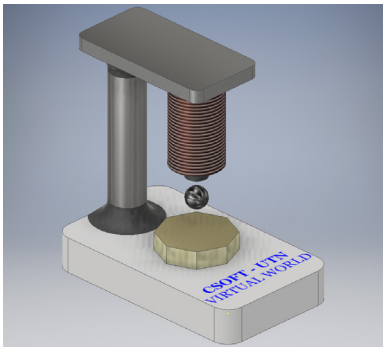


Figura 12 – Simulación del sistema de levitación magnética.

5. Conclusiones

Del presente trabajo se puede concluir que las tres técnicas de control lograron resultados muy satisfactorios ya que en todos los casos se logró estabilizar la masa en la altura deseada y en un tiempo considerablemente reducido, sin embargo se pueden notar algunas diferencias entre las tres técnicas ya que, el porcentaje de sobre impulso en el controlador LQR es el más bajo lo que es bastante deseable en este sistema que tiende a desestabilizarse con facilidad, en contraste el controlador LQR es el que tiene un tiempo de reacción más prolongado por lo que se puede decir que en términos generales el NARMA fue el más veloz pero tiene el mayor sobre impulso de todos y que alcanza un 46%. EL controlador State Feedback se mantiene en el promedio en todos los casos, sin embargo, presenta una reacción bastante veloz con un rise time de 191.14 ms con un considerable sobre impulso de 40.14%, de esta manera se puede concluir que dependiendo de las dimensiones del dispositivo que se desee levitar y la masa del objeto podemos tomar como referencia estos detalles para seleccionar el controlador más adecuado.

Adicionalmente se puede concluir que el diseño de los controladores es una tarea que tiene gran fundamento teórico, pero también depende en gran parte de muchas iteraciones de prueba y error para lograr un sintonizado adecuado.

Referencias

A. M. Benomair, A. R. Firdaus, & M. O. Tokhi. (2016). Fuzzy sliding control with non-linear observer for magnetic levitation systems. *2016 24th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, 256-261. https://doi.org/10.1109/MED.2016.7536025

Adıgüzel, F., Dokumacılar, E., Akbatı, O., & Türker, T. (2018). Design and implementation of an adaptive backstepping controller for a magnetic levitation system. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, *40*(8), 2466-2475. https://doi.org/10.1177/0142331217725146

Akbatı, O., Üzgün, H. D., & Akkaya, S. (2019). Hardware-in-the-loop simulation and implementation of a fuzzy logic controller with FPGA: Case study of a magnetic levitation system. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, *41*(8), 2150-2159. https://doi.org/10.1177/0142331218813425

Binazadeh, T., Shafiei, M. H., & Rahgoshay, M. A. (2015). Robust Stabilization of a Class of Nonaffine Quadratic Polynomial Systems: Application in Magnetic Ball Levitation System. *Journal of Computational and Nonlinear Dynamics*, *10*(1), 014501. https://doi.org/10.1115/1.4026796

Boonsatit, N., & Pukdeboon, C. (2016). Adaptive Fast Terminal Sliding Mode Control of Magnetic Levitation System. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, *27*(4), 359-367. https://doi.org/10.1007/s40313-016-0246-2

Chang, S.-C., Hu, J.-F., & Lue, Y.-F. (2018). NONLINEAR DYNAMICS AND CONTROLLING CHAOS IN A MAGNETIC LEVITATION SYSTEM. *Journal of Marine Science and Technology*, *26*(4), 604-610. https://doi.org/10.6119/JMST.201808_26(4).0013

Chopade, A. S., Khubalkar, S. W., Junghare, A. S., Aware, M. V., & Das, S. (2018). Design and implementation of digital fractional order PID controller using optimal pole-zero approximation method for magnetic levitation system. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, *5*(5), 977-989. https://doi.org/10.1109/JAS.2016.7510181

Eissa, M., Kandil, A., El-Ganaini, W. A., & Kamel, M. (2015). Vibration suppression of a nonlinear magnetic levitation system via time delayed nonlinear saturation controller. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, *72*, 23-41. https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2015.02.012

Eroğlu, Y., & Ablay, G. (2016). Cascade sliding mode–based robust tracking control of a magnetic levitation system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, *230*(8), 851-860. https://doi.org/10.1177/0959651816656749

Ginoya, D., Gutte, C. M., Shendge, P., & Phadke, S. (2016). State-and-disturbance-observer-based sliding mode control of magnetic levitation systems. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, *38*(6), 751-763. https://doi.org/10.1177/0142331216630585

K. B. Kim, S. H. Im, D. Y. Um, & G. S. Park. (2019). Comparison of Magnetic Levitation Systems Using Ring-Shaped Permanent Magnets. *IEEE Transactions on Magnetics*, *55*(7), 1-4. https://doi.org/10.1109/TMAG.2019.2895063

K. Su, & C. Li. (2016). Supervisory fuzzy model control for magnetic levitation system. *2016 IEEE 13th International Conference on Networking, Sensing, and Control (ICNSC)*, 1-6. https://doi.org/10.1109/ICNSC.2016.7479025

Lin, C.-J., & Chen, C.-H. (2015). A recurrent neural fuzzy controller based on self-organizing improved particle swarm optimization for a magnetic levitation system: RECURRENT NEURAL FUZZY CONTROLLER. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, *29*(5), 563-580. https://doi.org/10.1002/acs.2489

Lin, C.-M., & Huynh, T.-T. (2019). Dynamic TOPSIS fuzzy cerebellar model articulation controller for magnetic levitation system. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *36*(3), 2465-2480. https://doi.org/10.3233/JIFS-171523

Nemiroski, A., Kumar, A. A., Soh, S., Harburg, D. V., Yu, H.-D., & Whitesides, G. M. (2016). High-Sensitivity Measurement of Density by Magnetic Levitation. *Analytical Chemistry*, *88*(5), 2666-2674. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b03918

Noshadi, A. (2016). Optimal PID-type fuzzy logic controller for a multi-input multi-output active magnetic bearing system. *Neural Comput*, 16.

S. Folea, C. I. Muresan, R. De Keyser, & C. M. Ionescu. (2016). Theoretical Analysis and Experimental Validation of a Simplified Fractional Order Controller for a Magnetic Levitation System. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, *24*(2), 756-763. https://doi.org/10.1109/TCST.2015.2446496

Sain, D., Swain, S. K., & Mishra, S. K. (2016). TID and I-TD controller design for magnetic levitation system using genetic algorithm. *Perspectives in Science*, *8*, 370-373. https://doi.org/10.1016/j.pisc.2016.04.078

Su, K.-H., & Li, C.-Y. (2016). Supervisory fuzzy model control for magnetic levitation system. *2016 IEEE 13th International Conference on Networking, Sensing, and Control (ICNSC)*, 1-6. https://doi.org/10.1109/ICNSC.2016.7479025

Takao, T., Negishi, N., Fujita, Y., Kaneko, Y., & Kamijo, H. (2018). Improvement of Levitation Properties Owing to High Magnetic Field in a Magnetic Levitation System With Magnetic Shielding Effect of HTS Bulk. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, *28*(4), 1-5. https://doi.org/10.1109/TASC.2018.2806002

Takao, T., Usami, T., Yasukawa, S., Horie, T., Takahashi, M., & Kamijo, H. (2015). Increase of Levitation Force due to Soft Ferromagnetic Plate and Bar in Magnetic Levitation System Using GdBCO Bulk. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, *25*(3), 1-5. https://doi.org/10.1109/TASC.2014.2381880

Tran, A. T., Suzuki, S., & Sakamoto, N. (2017). Nonlinear Optimal Control Design Considering a Class of System Constraints With Validation on a Magnetic Levitation System. *IEEE Control Systems Letters*, *1*(2), 418-423. https://doi.org/10.1109/LCSYS.2017.2717932

Yaseen, M. H. A., & Abd, H. J. (2018). Modeling and control for a magnetic levitation system based on SIMLAB platform in real time. *Results in Physics*, *8*, 153-159. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.11.026

Zhang, X., Mehrtash, M., & Khamesee, M. B. (2016). Dual-Axial Motion Control of a Magnetic Levitation System Using Hall-Effect Sensors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, *21*(2), 1129-1139. https://doi.org/10.1109/TMECH.2015.2479404

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

Recebido/Submission: 23/09/2019
Aceitação/Acceptance: 15/11/2019

El uso de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos ABP en la carrera profesional de Ingenierías de Sistemas

Víctor Cornejo-Aparicio[1], Sidanelia Flores-Silva[1], Norka Bedregal-Alpaca[1]

vcornejo@unsa.edu.pe, sidanelia33@gmail.com, nbedregal@unsa.edu.pe

[1] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Av. Independencia S/N, Arequipa, Perú.

Pages: 439–453

Resumen: En las áreas de ingenierías de las universidades, están enfocadas en la creación de elementos dependiendo de la especialidad con la que se esté tratando. El diseño creativo es una capacidad de los ingenieros, en base a ello derivan las competencias que se busca lograr a través de sus currículos, para lograr dichas competencias se pueden plantear el desarrollo de proyectos estructurados; que consideren la secuencia de las asignaturas y sus pre-requisitos. En este artículo se muestra de manera referencial, la determinación de una secuencia de asignaturas entre las que se puedan establecer componentes progresivos, que integradas conducirán hacia un producto determinado. El resultado se plasma en un proyecto pedagógico integrador que propicia en los estudiantes un aprendizaje vivencial y el logro de las competencias definidas para su carrera profesional. También se presenta un caso real de la aplicación de lo mostrado en este artículo.

Palabras-clave: enseñanza en ingenierías, modelo basado en proyectos, ABP, investigación formativa.

The use of the PBL Project Based Learning methodology in the professional career of Systems Engineering

Abstract: In the engineering areas of the universities, they are focused on the creation of elements depending on the specialty with which they are dealing. The creative design is a capacity of the engineers, based on it derive the competences that are sought to be achieved through their curricula, to achieve these competences the development of structured projects can be considered; that consider the sequence of the asignature and their prerequisites. This article shows in a referential way, the determination of a sequence of asignature between which progressive components can be established, which integrated will lead to a specific product. The result is reflected in an integrative pedagogical project that encourages students to experience and achieve the skills defined for their professional career. A real case of the application of what is shown in this article is also presented.

Keywords: teaching in engineering, project-based model, ABP, formative research.

1. Introducción

El aprendizaje basado en proyectos [ABP] (Rodríguez, Vargas & Luna, 2010), es un marco referencial que configura un escenario para el desarrollo de una experiencia viva (Del Carpio, 2015); basada en el constructivismo (Serrano & Pons, 2011). Las universidades y sus carreras de ingenierías tienen naturaleza creativa y de diseño, en función de áreas o secciones, modelos, técnicas y métodos propios de cada especialidad; elementos que se estructuran en mallas curriculares (Carrillo, García & Miloslavic, 2014). Estas mallas son una secuencia de asignaturas prerrequisito, regularmente consecutivas, que en suma deberían lograr las competencias propias de la carrera. Es así que, el conocimiento contenido en una asignatura puede ser necesario o servir de base a la asignatura siguiente, convirtiéndose en su prerrequisito.

El cumulo de conocimientos, asumiendo la transversalidad (De La Herrán, 2005) de los contenidos de las asignaturas, supone la capacidad de crear productos concretos.

Estas dos premisas permiten construir un modelo de enseñanza sobre la base de un proyecto que permita lograr un producto concreto, y que en el proceso el estudiante pueda lograr los conocimientos necesarios para diversificar su capacidad creativa hacia la construcción de soluciones a problemas cada vez más complejos.

2. La enseñanza en ingenierías

En (Ventura, Palou & Széliga, 2014) se enfoca el problema de aprendizaje de los estudiantes en relación a sus estilos de aprendizaje, se destacan aspectos pedagógicos que deben ser abordados y considerados para el logro de las competencias. (Herrero, Fernández, Pérez & Solano, 2019) se propone que para implementar un nuevo paradigma de enseñanza, el cambio debe darse en tres actores del proceso educativo: el estudiante, el profesorado y la institución. También existen los enfoques humanísticos (Caicedo, 2013), que refieren aspectos concernientes al estudiante como un ser social con particularidades propias.

En (García, García, Muñoz & Quintana, 2014), se desarrolla un análisis teórico referente a las estrategias de aprendizaje en estudiantes de Ingeniería Industrial, se parte de un modelo de profesional y lo que lo hace particular. (Mesa, Álvarez, Villanueva & De Cos, 2008) se hace un análisis de la implementación de la metodología de enseñanza de aprendizaje basado en problemas, en un curso de dirección de proyectos, se establece un catálogo de competencias y, se destaca el uso de las tecnologías de la información y comunicación. En (Restrepo, 2005) se hace un repaso conceptual y luego una descripción del método antes mencionado y se destaca su adecuación a la enseñanza universitaria.

3. Objetivo del modelo

El objetivo del modelo propuesto en este artículo, es presentar una secuencia de pasos para determinar la temática de un proyecto, sus premisas de formulación, las recomendaciones en cuanto a su estructura, entre otros aspectos que permitirán operativizar el planteamiento de un proyecto de investigación formativa.

4. Estructura general del modelo

En la figura 1 se muestra la estructura básica del modelo y sus componentes.



Figura 1 – Esquema del modelo

4.1. Perfil de la carrera

Toda carrera universitaria, define en primer orden el perfil de su egresado, perfil que es un conjunto de competencias que permitirán la inserción laboral del egresado o la continuación de su vida académica y optar por estudios de postgrado.

Para la implementación del modelo propuesto es determinante que las competencias estén bien definidas; que se puedan plasmar en situaciones ideales cuando el estudiante complete el número de créditos requeridos para egresar.

4.2. Competencias

Las competencias, en el ámbito educativo, son las capacidades conformadas por conocimientos, habilidades, pensamientos, carácter y valores, que se manifiestan de manera integral en las interacciones de la persona en los ámbitos personal, social y laboral

Si el modelo pedagógico de la carrera está enfocado en el desarrollo de competencias, se deberá detallar cada una de ellas en términos de elementos tangibles de logro, susceptibles de medición.

Si la carrera universitaria no tiene claramente definidas las competencias o características del egresado, se deberá efectuar las anotaciones y aclaraciones del caso. En ese sentido, puede optarse por efectuar las correcciones en las declaraciones formales, o en su defecto

hacer una declaratoria autentica de los objetivos de logro en términos de competencias, las cuales debería alcanzar el egresado al término de sus estudios de pregrado.

4.3. Diseño Curricular - Asignaturas secuenciadas

El diseño del currículo para alcanzar las competencias, está concebido como una secuencialidad de asignaturas, unas como prerrequisito de otras.

En esta etapa, es determinante identificar las asignaturas en las cuales el estudiante debe tener al menos una competencia de forma sustentable. Luego se rastrea, en la secuencia de prerrequisitos, las asignaturas que permiten conseguir las competencias; ya sea en términos de bases conceptuales, prácticas o experiencias de los componentes de dichas competencias.

Para clarificar la labor efectuada se debe mapear, en la malla curricular, la secuencia de cursos que consigan las competencias y darle un color. Esto se puede ver en la Figura 2.

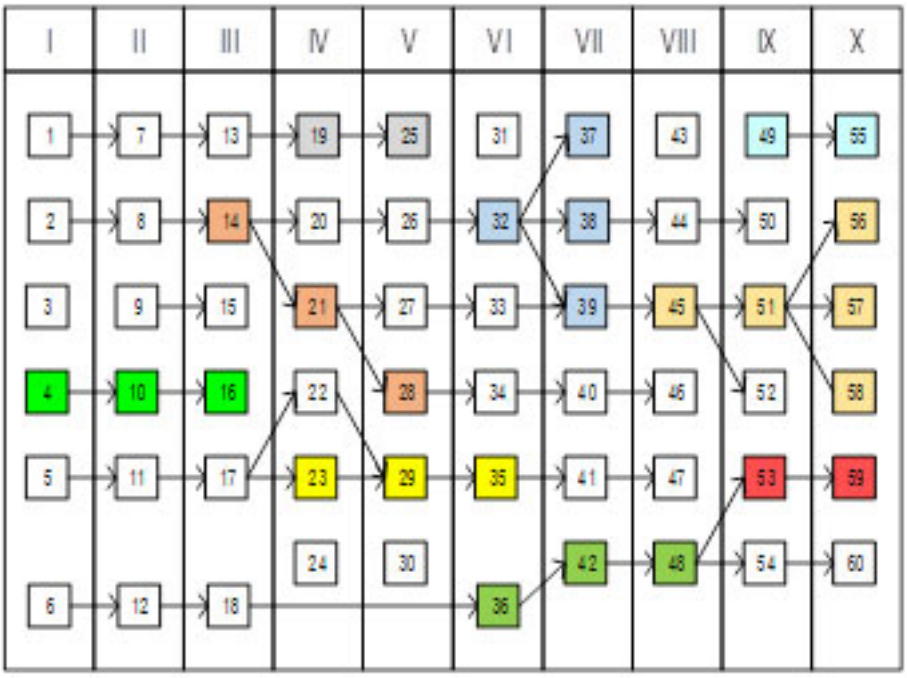


Figura 2 – Mapeo de asignaturas en la malla curricular

Adicionalmente, se debe elaborar una matriz de contraste; en la cual se establecen las correspondencias entre las competencias y las asignaturas agrupadas por el proyecto a desarrollar (Tabla 1).

4.4. Productos genéricos - Componentes

Las competencias de forma conjugada, pueden hacerse tangibles en la forma de un producto bien definido según la carrera profesional en la que se esté implementando este modelo. Para identificar las competencias, es necesario considerar:

a. Denominación del producto
b. Composición del producto

Es recomendable descomponer modularmente el producto genérico, es decir, descomponerlo en componentes plenamente identificables y susceptibles de lograrse en un periodo de tiempo igual al de un semestre académico

Nº Proyecto	Asignatura	Competencias											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	4			X									
	10			X									
	16			X		X							
2	14							X					
	21								X				
	28							X	X				
3	19		X		X								
	25		X		X								
4	23						X			X			
	29						X						
	35									X			
5	32					X					X		
	37	X				X							
	38	X									X		
	39										X	X	
6	36			X									X
	42												X
	48			X									X
7	45		X										
	51		X										
	56				X								
	57		X		X								
	58				X								
8	49							X					
	55							X					
9	53											X	
	59											X	

Tabla 1 – Matriz contraste proyecto-asignatura / Competencias

4.5. Definición del tema del proyecto

La definición del tema del proyecto deberá estar relacionada con el producto genérico de forma completa y compacta. El entorno debe estar normado por condiciones idénticas a lo que ocurre en el mundo real (o lo más parecidas). Por ejemplo, puede darse el caso de una contratación de servicios, una licitación, un concurso de proyectos, etc. Se debe ahondar en las especificaciones de la forma más detallada posible, sin que ello reste espacio a la creatividad.

El escenario, en el cual se desplegará el proyecto a desarrollar, debe estar configurado con características idénticas o muy próximas a las que se desarrollaría el caso en una situación real.

Adicionalmente, se deberá preparar material didáctico de apoyo como puede ser rubricas, precondiciones, directivas, normas, decálogos, guías de práctica, instructivos, manuales, plantillas, esquemas u otros elementos que direccionen la parte operativa del proyecto a desarrollar y que a futuro permitan al docente evaluar a los grupos de estudiantes de manera uniforme, pragmática y objetiva.

4.6. Estructura y especificación de contenidos

Las componentes del proyecto que se desarrollará, y que está en función del producto genérico, deben distribuirse entre las diferentes asignaturas que se han de desarrollar dentro de la secuencia anteriormente identificada.

Para la distribución en mención, se debe contemplar una estructura de informe general que contenga la estructura del proyecto por capítulos y la asignatura en la que se desarrollará.

Cada componente debe desarrollarse en una de las asignaturas de la secuencia determinada con anterioridad; asignaturas que se integran con la ejecución del proyecto (Tabla 2).

Es conveniente notar que, el ejemplo que se presenta en la Tabla 2 está referido al proyecto 1 de la Tabla 1. En la Tabla 2, se abordan las competencias “C” y “E”, la denominación de estos campos debería ser la definida en la malla curricular

En este punto, es conveniente aclarar que en una asignatura se puede desarrollar más de una componente del proyecto.

Todo capítulo debe presentar su respectiva conclusión, con excepción del último capítulo (dentro de la última asignatura) donde se deberá incluir la sección “Conclusiones Generales”.

Denominación del proyecto:	**Proyecto N° 1**
Competencias	C: ..... E: .....
Asignatura	Contenidos

Denominación del proyecto:	Proyecto N° 1
4	Capítulo I: “Denominación del componente” 1.1. Aaaaaaa 1.2. Bbbbbbb 1.2.1 Xxxxx 1.2.2 Yyyyy 1.3. Cccccccc Conclusiones del capitulo
10	Capítulo II: “Denominación del componente” 2.1. Aaaaaaa 2.2. Bbbbbbb 2.2.1. Xxxxx 2.2.2. Yyyyy 2.3. Ccccc 2.4. Conclusiones del capitulo Capítulo III: “Denominación del componente” 3.1. Aaaaaaa 3.2. Bbbbbbb 3.2.1. Xxxxx 3.2.1. Yyyyy 3.3. Cccccccc Conclusiones del capitulo
16	Capítulo IV: “Denominación del componente” 4.1. Aaaaaaa 4.2. Bbbbbbb 4.2.1. Xxxxx 4.2.2. Yyyyy 4.3. Cccccccc 4.4. Conclusiones del capitulo CONCLUSIONES GENERALES

Tabla 2 – Estructura del proyecto

4.7. Rubrica de evaluación

Para cada asignatura se debe elaborar una rúbrica para evaluar los aprendizajes estudiantiles y otra para evaluar la calidad del o de los componentes desarrollados.

La evaluación debe darse al terminar el desarrollo de la asignatura, con ello, el docente podrá asignar una calificación al estudiante que cumplió con su cometido. Es determinante que la elaboración de las rúbricas; se haga dentro de una estrategia de evaluación que en adición considere otras formas e instrumentos de evaluación (Tabla 3).

Evaluación	
Instrumentos	Formas
• Lista de cotejos • Cuestionarios • Observación directa • Etc.	• Evaluación por pares • Autoevaluación • Coevaluación • Etc.

Tabla 3 – Instrumentos y formas de evaluación.

Puede darse el caso de que existan proyectos definidos en una secuencia de asignaturas consecutivas una tras otra, como en el caso del proyecto 1 de la Tabla 1.

También puede suceder que el proyecto termine en más de una asignatura en un mismo período académico, en este caso, es recomendable que la evaluación sea colegiada, y la realice el colectivo de todos los docentes a cargo de las asignaturas de la secuencia. En la Tabla 1 se ejemplifica este caso con los proyectos 5 y 7.

4.8.Evaluación de los aprendizajes

El proceso de evaluación debe ir más allá de asignar una calificación al trabajo del estudiante, debe considerar momentos reflexivos, en los que el estudiante reafirme los conocimientos adquiridos y tome conciencia del impacto de sus decisiones y compromisos.

Si bien el proceso de evaluación de cada asignatura se realizará mediante rúbricas, es importante que el docente diseñe una estrategia de evaluación que considere espacios de reflexión para el estudiante. Es decir que, durante el desarrollo progresivo de las componentes del producto genérico en cada asignatura, el estudiante pueda reflexionar en relación a lo actuado y a las tareas inmediatas a desarrollar en el desarrollo en extenso de su proyecto.

Se debe efectuar una evaluación general de los aprendizajes al término de las "Conclusiones Generales", este es el momento más sustancioso del proceso evaluativo, es el momento en el que se evalúan los logros alcanzados por el estudiante, la evolución de sus conocimientos y su aplicación durante el desarrollo de las componentes de su proyecto; es allí en donde se determinará efectivamente los niveles en que ha conseguido las competencias.

5. Resultados

Para probar el modelo se efectuó una prueba piloto con 42 estudiantes matriculados en tres asignaturas de noveno y décimo semestre de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas. Las asignaturas fueron "Proyecto de ingeniería de software 1", "Proyecto de ingeniería de software 2" y "Mantenimiento, configuración y evolución del software"

Se formuló un proyecto de desarrollo de software que implicó un modelo de desarrollo y documentación del mismo. Para ello, el proyecto se dividió en tres partes para la formulación del proyecto, el desarrollo y luego la gestión de los cambios y evolución.

5.1. Formulación del escenario del proyecto

Se definieron los elementos del entorno que configuraron el escenario de desarrollo del software por grupos de estudiantes, los mismos que se enumeran a continuación:

- Definición de la entidad usuaria

Es una entidad educativa de nivel superior, en donde se imparten dictado de asignaturas correspondientes a un plan de funcionamiento; elaborado por la dirección de la escuela

profesional, en función a un plan de estudios, cada asignatura puede tener más de un grupo de estudiantes, cada grupo tiene como responsable a un docente, la institución tiene objetivos educacionales, para los cuales debe garantizar la asistencia de los docentes y estudiantes a las aulas donde se imparte el dictado.

- Identificación del proceso a resolver

Los docentes asisten a las aulas donde imparten sus sesiones de enseñanza, en ella deben registrar la asistencia a sus estudiantes, a la par de que registran su ingreso y salida del aula.

Dado el caso de que por algún motivo el docente no pudiera registrar su asistencia en el sistema, lo efectuará de forma manual para regularizarlo posteriormente, para ello debe solicitar se le active la sesión no registrada; y poder actualizar el registro; posteriormente en un plazo determinado, dicha actualización deberá ser autorizada por el director de escuela.

El plan de estudio, plan de funcionamiento, horarios y demás registros administrativos, son responsabilidad de la secretaria.

Son de particular interés los listados oficiales para reportar a órganos superiores, además de los listados para la gestión de la dirección de escuela.

Tanto los estudiantes y sus padres o apoderados, deben tener conocimiento de la asistencia a las asignaturas en las que se encuentren matriculados.

En el entorno organizacional se identificaron los siguientes stakeholders:

- Director de escuela
- Secretaria
- Docente
- Estudiante
- Padre o apoderado
- Esquema de desarrollo por asignatura

Denominación del proyecto: Sistema de control de asistencia docente

Numero de Sub-Proyecto: 01 **Curso:** Proyecto de Ingeniería de Software 1 **Competencias:** D. Trabaja éticamente, de manera efectiva, en equipos multidisciplinarios, adaptándose a diferentes entornos laborales y nuevas situaciones, con colaboradores de diversa formación y cultura. E. Identifica, de manera reflexiva, necesidades a ser resueltas usando tecnologías de información y/o desarrollo de software en los ámbitos local, nacional o internacional, utilizando técnicas, herramientas, metodologías, estándares y principios de la ingeniería. L. Gestiona éticamente, Proyectos de Software y/o Tecnologías de la Información conciliando objetivos mediante la negociación de requerimientos dentro de las limitaciones de recursos para lograr satisfacer necesidades del usuario tanto locales como nacionales o internacionales.

Contenidos

Capítulo I: Formulación del proyecto
1.1. Definición del contexto
1.2. Definición de los stakeholders
  1.2.1. Director de escuela
  1.2.2. Secretaria
  1.2.3. Docente
  1.2.4. Estudiante
  1.2.5. Padre o apoderado
1.3. Especificación de requisitos
  1.3.1. Educción
  1.3.2. Elicitación
  1.3.3. Especificación
1.4. Documentación de casos de prueba
1.5. Modelo de información
1.6. Arquitectura de información
1.7. Infraestructura tecnológica
1.8. Estudios de viabilidad
Conclusiones del capitulo

Numero de Sub-Proyecto: 02
Curso: Proyecto de Ingeniería de Software 2
Competencias:

D. Trabaja éticamente, de manera efectiva, en equipos multidisciplinarios, adaptándose a diferentes entornos laborales y nuevas situaciones, con colaboradores de diversa formación y cultura.
L. Gestiona éticamente, Proyectos de Software y/o Tecnologías de la Información conciliando objetivos mediante la negociación de requerimientos dentro de las limitaciones de recursos para lograr satisfacer necesidades del usuario tanto locales como nacionales o internacionales.
O. Asegura la calidad del software mediante la aplicación de pruebas, validaciones y estándares de seguridad para garantizar el correcto funcionamiento del producto considerando el impacto productivo y social.

Contenidos

Capítulo II: Proceso de desarrollo
2.1. Establecimiento de los requisitos no funcionales
2.2. Definición del entorno de desarrollo
  2.2.1. Base de datos
  2.2.2. Lenguaje de programación
  2.2.3. Herramientas utilitarias
2.3. Arquitectura de software
2.4. Diseño de interfaz
2.5. Definición de la navegabilidad
2.6. Codificación
2.7. Pruebas
2.8. Empaquetado
2.9. Manuales
  2.9.1. Instalación
  2.9.2. Usuario
  2.9.3. Técnico
2.10. Estrategias de implantación
2.11. Lecciones aprendidas
2.12. Acta de cierre del proyecto
2.13. Indicadores clave de éxito
  2.13.1. Del proyecto
  2.13.2. Del producto
Conclusiones del capitulo

Numero de Sub-Proyecto: 03
Curso: Mantenimiento, Configuración y Evolución de Software
Competencias:
N. Mantiene Software para que se adecue a las necesidades cambiantes del usuario, cliente o sociedad mediante la aplicación de técnicas y procedimientos establecidos que siguen estándares de calidad

Contenidos

Capítulo III: Gestión de la configuración y mantenimiento
3.1. Control de la versionalidad del código
3.2. Protocolo de cambios
  3.2.1. Solicitud de cambio
  3.2.2. Cambio de estado
  3.2.3. Implementación del cambio
  3.2.4. Seguimiento
3.3. Análisis de impacto
  3.3.1. En el desarrollo
  3.3.2. En los procesos
  3.3.3. En la organización
  3.3.4. Económico
3.4. Propuesta de evolución
3.5. Conclusiones del capitulo

CONCLUSIONES GENERALES

- Evaluación.

Se efectuaron tres formas de evaluación, para lo cual se emplearon instrumentos que se pueden ver en la Tabla 4

Instrumentos y formas de evaluación	Formas de Evaluación		
	Seguimiento de avance	**Evaluaciones escritas.**	**Exposiciones grupales.**
• Lista de cotejo de la estructura de documentación.	X		X
• Observaciones de campo sobre el trabajo en equipo.	X		
• Cuestionario.		X	
• Entrevista	X		
• Rubricas	X		X

Tabla 4 – Matriz de Instrumentos y formas de evaluación

En la tabla 5, se muestra el resumen de las asignaturas y las competencias que se han de evaluar; en qué nivel logro se han alcanzado.

Asignatura	D	E	L	N	O
1	X	X	X		
2	X		X		X
3				X	

Tabla 5 – Matriz de asignaturas por competencia.

En la tabla 6, se presenta las rubricas de evaluación que se emplearon para lograr un determinado nivel de las competencias, las mismas que se evidencian en diversos elementos.

Evidencia	*Competencia*	*Criterio de la asignatura*	*Nivel de Logro*			
			Deficiente	*Regular*	*Bueno*	*Muy Bueno*
- Avance del trabajo práctico *- Informe Final* *- Examen escrito*	*D*	*Formación de equipos*	*No forma equipos*	*Forma equipos sin liderazgo*	*Forma equipos dividiendo responsabilidades*	*Forma Equipos con liderazgo y participación dinámica*
		Coordinación del trabajo	*No coordina el trabajo*	*Coordina elementos diferenciados*	*Coordina y discute en conjunto*	*Coordina, documenta y evalúa participación*
	E	*Identifica necesidades del usuario*	*No identifica necesidades*	*Recibe pedidos*	*Identifica requisitos*	*Modela los requisitos*
		Identifica infraestructura tecnológica	*No identifica Infraestructura tecnológica*	*Identifica componentes tecnológicos*	*Establece relación entre los componentes tecnológicos*	*Diseña una infraestructura tecnológica*
		Determina infraestructura de software	*No identifica una estructura de software*	*Desarrolla todos los componentes*	*Identifica elementos reutilizables*	*Modela e implementa una infraestructura tecnológica*
	L	*Identifica objetivos*	*No identifica objetivos*	*Identifica elementos sin propósito*	*Determina propósito a los elementos*	*Identifica y propone objetivos de espectro amplio*
		Efectúa una negociación	*No Negocia*	*Intercambia pareceres*	*Intercambia prioridades*	*Negocia los alcances del sistema*
	N	*Gestiona la configuración del software*	*No gestiona la configuración*	*Distribuye elementos de desarrollo y actualiza manualmente*	*Establece un orden procedimental para la actualización de versiones*	*Gestiona la configuración con apoyo de tecnologías informáticas*
	O	*Establece las características del producto a desarrollar*	*No establece características*	*Determina características*	*Determinas un orden de prioridad entre las características*	*Define métricas para las características*
		Evalúa la calidad del producto a desarrollar	*No evalúa la calidad*	*Define parámetros de lo aceptable*	*Determina el cumplimiento de las características*	*Emplea métricas de calidad del software*

Tabla 6 – Rubricas de evaluación

En la tabla 7, se puede ver el resumen de los resultados, un vez efectuado las diversas evaluaciones.

Nivel de Logro	***Competencia***				
	D	***E***	***L***	***N***	***O***
MB: Muy bueno	*26%*	*31%*	*24%*	*36%*	*21%*
B: Bueno	*40%*	*33%*	*33%*	*40%*	*38%*
R: Regular	*21%*	*29%*	*21%*	*17%*	*29%*
D: Deficiente	*12%*	*7%*	*21%*	*7%*	*12%*
MB+B	*67%*	*64%*	*57%*	*76%*	*60%*
Promedio(MB+B)	*65%*				

Tabla 7 – Matriz de logros

6. Conclusiones

Como puede observase en la tabla 7, en promedio más del 65% han logrado las competencias entre "Bueno" y "Muy Bueno", es destacable que los proyectos a desarrollar fueron propuestos de manera homogénea, lo que permitió una revisión de avances y progresos de manera uniforme, y los docentes a cargo de las asignaturas, no vieron incrementada su labor de forma significativa.

La propuesta de emplear la metodología de aprendizaje basado en proyectos ABP, permitió que los docentes en coordinación con diversas oficinas interinstitucionales; elaboraran esquemas de desarrollo, hitos de verificación de avances y logro de objetivos intermedios, evaluación progresiva de los aprendizajes para su consolidación final y obtener no solamente una evaluación determinante sobre su promoción, sino que se tuvo con solidez y fundamento; la seguridad de que las competencias se han logrado con un nivel muy exigido.

Para el desarrollo de las asignaturas, entre otros aspectos, se ha preparado un conjunto de material para emplearse en las diversas actividades programadas, lo mismo que se vio incrementado notablemente en cantidad y calidad de recursos, debido a que la interacción con los diferentes grupos de trabajo, estos aportaron material muy interesante y permitieron perfeccionar el que ya se disponía.

Referencias

AAEE - Agencia Andaluza de Evaluación Educativa (2012), *"Guía de Buenas Prácticas Docentes"*, Junta de Andalucia, España.

Argueta M. (2009), *"Ejes Transversales en el Currículo de la Formación Inicial de Docentes",* Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, CECC/SICA.

Caicedo G. (2013), *"La enseñanza en ingeniería"*, Tecno. Lógicas. no.31 Medellín July/ Dec., 2013, ISSN 0123-7799.

Carrillo G., García L., Miloslavic J. (2014), "*Guía para la elaboración del plan de estudios de pregrado. Guía para la elaboración del plan de estudios de pregrado"*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Dirección de Asuntos Académicos, Lima, Perú

De La Herrán A. (2005), *"Formación y transversalidad universitarias"*, Universidad Autónoma de Madrid, España.

Del Carpio S.(2015), Tesis de Máster en Investigación en Educación: *"Pensar el espacio de aprendizaje: análisis de la función y uso del espacio de un aula"*, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

García C., García A., Muñoz R. y Quintana L. (2014), *"Aprender a aprender para Ingenieros Industriales. Análisis teórico y resultados del diagnóstico"*, Referencia Pedagógica. Año 2014. No.1. ISSN: 2308-3042

Gutiérrez I. Rada C. (2012), "El pensamiento constructivista como ideal en la universidad", Arte & Diseño, ISSN: 1692-8555, Vol. 10 Núm. 2, Julio - Diciembre de 2012

Herrero R., Fernández I., Pérez J., Solano J. (2019), *"Nuevas metodologías docentes en ingeniería dentro del espacio europeo de educación superior"*, Universidad Politécnica de Cartagena, España, disponible en: http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/1113/nmd.pdf;jsessionid=92AF6DC9DF4C0BDE5D9448D45D88ECB3?sequence=1 , Ultimo acceso: 15/09/2019

Jiménez R. (2014), Tesis de Maestría en Profesorado de ESO: *"Temas transversales en el currículo: educación para la igualdad"*, Facultad de Letras y de la Educación.

Mesa J., Álvarez J., Villanueva J.y De Cos F. (2008*), "Actualización de Métodos de Enseñanza-Aprendizaje en Asignaturas de Dirección de Proyectos de Ingeniería"*, Formación universitaria versión On-line ISSN 0718-5006, Form. Univ. v.1 n.4 La Serena 2008

Molina D. (2007), *"Ejes transversales en el currículo universitario: experiencia en la carrera de derecho"*, Ciências & Cognição 2007; Vol 10: 132-146 Ciências & Cognição 2007; Vol 10: 132-146, ISSN 1806-5821, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Caracas, Venezuela

Opazo H. (2015), Tesis Doctoral en Educación: *"Experiencias de aprendizaje-servicio en la formación del profesorado. Un estudio de caso"*, Universidad Autónoma de Madrid, España.

Ortiz D. (2015), *"El constructivismo como teoría y método de enseñanza"*, Sophia, Colección de Filosofía de la Educación, núm. 19, 2015, pp. 93-110, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador

Páramo P., Hederich C. (2014), *"Educación basada en la evidencia"*, Revista Colombiana de Educación, no.66 Bogotá Jan./June 2014

Restrepo B. (2005), *"Aprendizaje basado en problemas (ABP), una innovación didáctica para la enseñanza universitaria"*, Educación y educadores, ISSN-e 0123-1294, Nº. 8, 2005, págs. 9-20

Rodríguez E. Vargas É., Luna J. (2010), "Evaluación de la estrategia aprendizaje basado en proyectos", Educación y Educadores, vol. 13, núm. 1, abril, 2010, pp. 13-25, Universidad de La Sabana, Cundinamarca, Colombia

Salgado E. (2006), "Manual de Docencia Universitaria Introducción al constructivismo en la educación superior", Segunda edición revisada, Editorial ULACIT, Costa Rica.

Serrano J., Pons R. (2011), *"El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación"*, REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 13, núm. 1, pp. 1-27, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México

Velásquez J. (2009), "La transversalidad como posibilidad curricular desde la educación ambiental", Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia), vol. 5, núm. 2, julio-diciembre, 2009, pp. 29-44, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

Ventura A., Palou I.. Széliga A. (2014), *"Estilos de aprendizaje y enseñanza en ingeniería: una propuesta de educación adaptativa para primer año"*, Revista Educación en Ingeniería, Julio a Diciembre de 2014, Vol. 9, Nº. 18, pp. 178-189

Yus R. (1998), *"Temas transversales: Hacia una nueva escuela"*, Editorial Graó, Segunda edición, Barcelona, España.

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

Recebido/Submission: 16/07/2019
Aceitação/Acceptance: 14/10/2019

Calculo automático de índice de masa corporal usando Visión Artificial

Juan de Jesús Amador Reyes[1], Josué Espejel Cabrera[2], Farid García Lamont[2], Laura D. Jalili[2] y José Sergio Ruiz Castilla[2]

juandjamador@gmail.com, jec0309@hotmail.com, fglamont@yahoo.com.mx, lauradojali2@gmail.com y jsergioruizc@gmail.com

[1] Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Ecatepec, José Revueltas No. 17 Col Tierra Blanca, C.P. 55020, Ecatepec, México.

[2] Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Texcoco, Prolongación. Av. Zumpango s/n Fracc. El Tejocote, C.P. 56259, Texcoco, México.

Pages: 454–471

Resumen: Los avances tecnológicos se han implementado en diferentes campos de la vida diaria, un campo de gran relevancia es la medicina. La investigación de metodologías que faciliten la determinación temprana de los síntomas y su tratamiento posterior es de vital importancia. Este artículo propone un método basado en la visión artificial para el cálculo del índice de masa corporal (IMC), para este propósito se reunieron personas de diferentes edades y complexiones, a partir de las imágenes obtenidas de todas las personas se obtienen las características del área de interés para obtener un buen desempeño al clasificar el IMC, obteniendo una precisión de clasificación del 73%.

Palabras-clave: Índice de masa corporal, reconocimiento de patrones, características, procesamiento digital de imágenes.

Automatic calculation of body mass index using Artificial Vision

***Abstract*:** Technological advances have been implemented in different fields of daily life; a field of great relevance is medicine. The investigation of methodologies that facilitate the early determination of symptoms and their subsequent treatment is of vital importance. This article proposes a method based on artificial vision for the calculation of body mass index (BMI), for this purpose people of different ages and complexions were gathered, from the images obtained from all people the characteristics of the area are obtained of interest to obtain a good BMI classification performance, obtaining a classification accuracy of 73%.

Keywords: Body mass index, pattern recognition, features, classification, digital image processing.

1. Introducción

Las nuevas tecnologías ayudan a las personas cada vez más a estar todo el tiempo conectadas (Mekki, Bajic, Chaxel & Meyer, 2019) (Laitinen & Valo, 2018), a poder movilizarse y a desarrollar sus actividades diarias (Poggi & Mattoccia, 2016) (Benevolo, Dameri & D'Auria, 2016) (Cervantes, García-Lamont, Rodríguez-Mazahua, Rendon, & Chau, 2016). Estamos incluyendo la tecnología en cada aspecto de nuestra vida llegando a un nivel de dependencia de estas. Dentro de toda la tecnología usada, la visión artificial abarca diversas líneas de investigación y aplicación, lo podemos ver en control de calidad de manufactura o maquinaria para automatizar cosechas (Suárez, López, Rivera & Ledezma, 2019)(Bejarano, Calvo & Henao, 2018) o diversas aplicaciones en la agricultura (Jalili, Morales, Cervantes, & Ruiz-Castilla, 2016) (Cervantes, Taltempa, Lamont, Castilla, Rendon & Jalili, 2017)(Cervantes, García-Lamont, Rodríguez-Mazahua, Rendon, & Chau, 2016) (Cervantes, Garcia Lamont, Rodriguez Mazahua, Zarco Hidalgo & Ruiz Castilla, 2018). Aplicaciones más usadas son los filtros en fotos digitales, pero también se realizan investigaciones para crear aplicaciones basadas en visión artificial que sirvan en el área de la salud, que es un área muy importante de estudio, donde se realizan investigaciones para poder detectar automáticamente ciertas enfermedades que se pueden observar en imágenes clínicas, resonancias magnéticas, entre otras (Abuzaghleh, Barkana, & Faezipour, 2015).

La visión artificial tiene una gran importancia dentro de las nuevas tecnologías, ya que a partir de imágenes digitales se obtiene información necesaria para realizar ciertos procesos. A partir de la visión artificial se pueden automatizar procesos de cosechas, maquila de ropa, control de calidad de productos, construcción, etc. En el área de la salud la visión artificial puede ayudar a automatizar estudios que actualmente llevan mucho tiempo ya que tienen que ser interpretados por especialistas, o estudios que requieren equipos costosos o caros para realizarlos. Estudios como el cálculo del índice de masa corporal a partir de imágenes es muy importante debido a que la altura y el peso corporal son rasgos biométricos. Aunado a ello, estos pueden ser utilizados como un indicador de salud, pues regularmente el exceso de peso es asociado con diversas enfermedades como diabetes y enfermedades cardiovasculares. Un sistema automático para cálculo del IMC puede ser utilizado cuando no se tiene acceso a dispositivos de medición, ayudar al diagnóstico remoto de pacientes, evitar la necesidad de un diagnóstico médico en pacientes con problemas de sobrepeso o pacientes con problemas de bulimia (Wen & Guo, 2013) (Mardolkar,2017) (Millard, Davies, Tilling, Gaunt & Smith, 2017). Sin embargo, la estimación del IMC de forma remota es un problema desafiante hoy en día. En este artículo se presenta un sistema de visión para la detección automática de IMC a partir de imágenes.

2. Estado del arte

Existen métodos rápidos para poder dar una primera impresión del estado de salud general de la persona, uno de ellos es el semblante que refleja la piel, el color de las escleróticas de los ojos, y también de manera muy importante la complexión corporal o índice de masa corporal (IMC).

El IMC se usa como factor determinante de la condición nutrimental de las personas, y se calcula a partir de la relación entre el peso y su estatura. Esta medida es usada para saber si la persona esta saludable o tiene algún problema de nutrición, pero también en base al IMC se puede determinar si la persona necesita estudios especializados de alguna posible enfermedad o solo asistencia nutricional. El índice de masa corporal (IMC) es la medida calculada a partir de la relación entre la altura y el peso de la persona, con el valor de IMC se puede clasificar al individuo dentro de una categoría como se muestra en la Tabla 1.

El IMC es una herramienta muy útil utilizada durante años como uno de los factores dentro del cuadro clínico de las personas, este aspecto lo vuelve un factor de estudio por si solo para poder obtener el cálculo de manera eficiente y pronta, no solo por especialistas de la salud, sino también para investigadores de áreas como las matemáticas (Ares,2013) (Mamat, Deraman, Mohamad Noor & Zulkifli, 2013) (Boutayeb, Boutayeb, Lamlili & Mohamed, 2014), especialistas del deporte (Duncan, Nevill, Woodfield & Al-Nakeeb, 2010) (Pontaga & Žīdens, 2011) (Douglas & Feresu 2013) (Mwangi & Rintaugu, 2017), ciencias de la computación (Wen & Guo, 2013) (Mardolkar,2017) (Millard, Davies, Tilling, Gaunt & Smith, 2017), que intentan crear una herramienta para automatizar la obtención del IMC. Actualmente se cuenta con herramientas web que calculan el IMC a partir de los parámetros solicitados.

Se han realizado investigaciones para perfeccionar el cálculo del IMC como en Bipembi (Bipembi, Acquah, Panford & Appiah, 2015)., donde se propone un complemento al modelo matemático del cálculo para obtener mayor precisión de IMC, a partir de imágenes segmentadas realiza el cálculo, obteniendo un resultado con una diferencia de 4.04 con respecto a la manera clásica de cálculo. En sus experimentos utilizó solo 50 imágenes sin definir género de las personas. Otra investigación basada en cálculo de IMC a partir de procesamiento de imágenes es el realizado por Wen (Wen & Guo, 2013), su investigación se basa principalmente en el rostro del individuo, mediante un algoritmo de detección de rostros determina la posición de los ojos y determina la complexión del individuo a partir del tamaño del rostro. En sus experimentos dividen sus conjuntos de datos de acuerdo a la edad, género y grupo étnico. El conjunto de datos utilizado contiene 55,000 imágenes.

Otra investigación basada en el estudio de rostro para determinar el IMC del individuo es el realizado por Bolukbaş (Bolukbaş, Başaran & Kamaşak, 2019), en esta investigación implementa *Deep Learning* con una red neuronal para la clasificación, obteniendo una diferencia de 0.63 en la correlación de Pearson. Los autores utilizan una base de datos con 4206 imágenes de personas sin definir genero. En (Das, Dantcheva & Bremond, 2018) se utilizó un conjunto de datos con 1026 imágenes correspondientes a la misma cantidad de personas, la mitad de hombres y la mitad de mujeres, mediante un modelo Res-Net se clasificaron las imágenes obteniendo 0.60 en correlación de Pearson.

Una investigación similar usando rostros para el cálculo del IMC se realizó en Polania (Polania, Wang & Fung, 2018), donde se utilizó un repositorio de rostros para entrenar un modelo de redes siamesas para la clasificación del IMC, obteniendo una precisión de 0.496 y error absoluto medio de 0.554. El repositorio utilizado contiene 67756 imágenes de entrenamiento, 9045 de validación y 20,000 de prueba, sin especificar género.

Una investigación realizada por Shu (Shu, & Zhang, 2015) intenta determinar la salud de un individuo mediante imágenes a color del rostro de las personas, usando 3 conjuntos de datos(personas sanas, sobrepeso, diabetes), se utiliza la distancia euclidiana entre 4 regiones del rostro basándose en una gama de colores de 6 tonalidades, donde las personas sanas presentaban menor distancia entre el centroides de la tonalidad y el color de piel del individuo, obteniendo que la mayor variación de distancias se encontró en personas con sobrepeso.

Se han realizado investigaciones basadas en dispositivos de modelación 3d como el Kinect, en Tai (Tai and Lin, 2015) se utiliza el Kinect para obtener la representación facial de las personas, obteniendo una forma 2d del rostro y calcula las distancias desde los ojos al contorno del rostro y las curvaturas del mismo, concluyendo que la característica con mejor desempeño para la clasificación es el "sloperatio" es decir la distancia entre puntos adyacentes en el contorno del rostro.

Otra investigación donde se utiliza Kinect para la representación corporal es (Nahavandi, Abobakr, Haggag, Hossny, Nahavandi & Filippidis, 2017), en esta investigación se recrean figuras 3D con diferentes volúmenes para determinar su IMC, se basa en el cálculo de la superficie corporal usada por la representación, obteniendo una precisión de 95%. En sus experimentos generó 100,000 figuras 3D sintéticas.

En Madariaga (Madariaga & Linsangan, 2016) se implementa una metodología donde combinan el tratamiento de imágenes con dispositivos bluetooth, primero de la imagen se obtiene la altura de la persona, para calcular el peso se utiliza un dispositivo que crea un voltaje, donde se encuentra el cuerpo existe una variación, mediante una metodología independiente se toma ese valor y se calcula el peso del individuo, obteniendo diferencias entre el valor calculado y la estimación mediante el método propuesto es de menos del 3.50%. Sin embargo, no provee información sobre el tamaño del conjunto de datos utilizado.

En (Uyun & Efendi, 2019), se realiza el cálculo del peso ideal usando el IMC. Implementa una combinación de cuatro diferentes algoritmos y tratamiento de imágenes, en esta investigación se asume al cuerpo humano como una representación de tubo elíptico, entonces, la imagen sirve para determinar el área de la superficie ocupada por el supuesto tubo, en donde, previamente se calcula, en pixeles, la altura y el ancho del objeto dentro de la imagen. Se utilizo un conjunto de 47 imágenes con perspectiva frontal al objeto, capturadas desde la cámara de un teléfono inteligente Android, para clasificar el peso humano basado en cuatro clases, esas son; delgadas, ideales, gordas y obesas. De los cuatro algoritmos diseñados y probados, uno de ellos obtuvo una precisión de 78.7%.

Supranata (Supranata, Davin, Jeremy, Pratiwi & Wulandari, 2018), utiliza y compara el volumen del tubo elíptico y el área de superficie corporal para realizar el cálculo del peso utilizando imágenes frontales y laterales con un objeto humano. Para el volumen del tubo elíptico, el peso corporal del ser humano se mide aplicando la fórmula del volumen de un tubo, para el área de superficie corporal, el peso corporal del humano se mide aplicando el área de superficie de un tubo. el conjunto de 49 imágenes utilizado sirvió para obtener la precisión del método de volumen de tubo elíptico del 93,271% y la precisión del método del área de la superficie corporal del 92,854%. En ambas investigaciones se hace referencia a la obtención del peso del humano, sin embargo, no se clasifica con los valores propuestos por la OMS (Organización Mundial de la

Salud) para identificar y encasillar valores perjudiciales para la salud utilizando el IMC, con índices que van desde el infra-peso hasta la obesidad nivel III. En Supranata (Supranata, Davin, Jeremy, Pratiwi & Wulandari, 2018), se toma en cuenta el valor asociado a la imagen lateral para calcular el área de la superficie y el volumen de un tubo, no así en Uyun (Uyun & Efendi, 2019), que solo considera la posición frontal del humano para calcular el área de la superficie, perdiendo la posibilidad de tener una estrecha aproximación al diámetro del tuvo que representar el objeto en la imagen. Una investigación reciente (Amador, Cervantes, Jalili, & Castilla, 2018) muestra un sistema similar al propuesto en este artículo, sin embargo, solo se utiliza una imagen por cada persona. Creemos que agregando imágenes laterales y traseras al conjunto de datos la precisión mejorará.

3. Metodología propuesta

En esta sección se detalla la manera en que se recopila la información necesaria para el cálculo automático de IMC como se muestra en la Figura 1. Inicialmente se obtienen las imágenes de las personas, posteriormente se realiza un pre-procesamiento a las imágenes obtenidas se realiza la segmentación del área de interés, se realiza la extracción de características para obtener un clasificador eficaz para el cálculo del IMC.

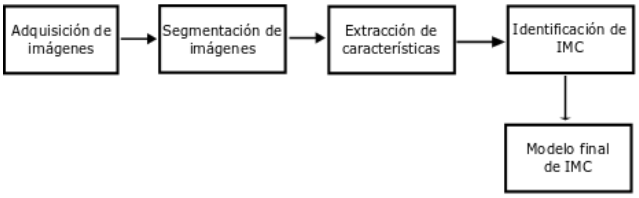


Figura 1 – Metodología propuesta

3.1. Adquisición de Imágenes

Para esta investigación se reunió una diversidad de personas de diferentes edades y peso. Se solicitó que las personas vistieran ropa obscura, se colocó una tela color blanco de fondo. La cámara utilizada fue una cámara digital Nikon Coolpix P510(16.1MP).

A cada individuo se le tomo el peso utilizando un analizador de composición corporal (Mod. 230), su estatura y edad, posteriormente descalzo se le tomaron 3 imágenes, una imagen de frente, una de perfil y una de espaldas, en total se fotográfico a un total de 122 personas y se obtuvieron 366 imágenes en formato JPG de N × N pixeles. Como se muestra en la Figura 3. Como se muestra en la Tabla 1, la distribución de los individuos es homogénea en todas las categorías, siendo las últimas tres categorías la que menos ejemplos tienen debido a la falta de personas con esas características.

3.2. Segmentación de imágenes

Para el estudio de las imágenes se puede dividir a estas en dos clases principales, el área de interés de las imágenes y el fondo. Para poder seleccionar el área de interés

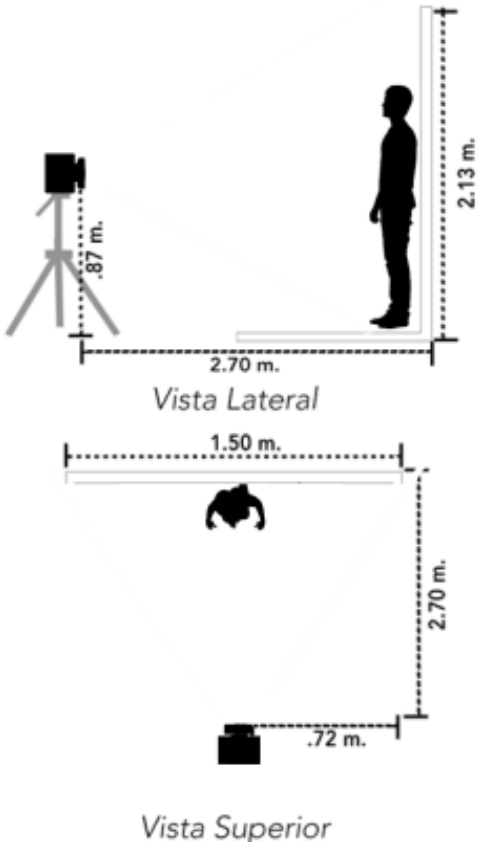


Figura 2 – Disposición de la cámara con respecto al individuo

de las imágenes existen diversas técnicas utilizadas, las cuales principalmente están basadas en imágenes en formato RGB y escala de grises. En el método propuesto una vez realizado el pre-procesamiento de las imágenes, estas se pasaron a escala de grises y se implementó el método de Otsu (Otsu,1979), ya que en la literatura este método es utilizado obteniendo muy buenos resultados en la segmentación de imágenes. En el área de visión artificial existen técnicas que ayudan a mejorar la calidad de las imágenes que se están tratando, es decir, técnicas que ayudan a aumentar el brillo de la imagen, eliminar el emborronamiento, aumentar o disminuir el tamaño, entre otros. En esta investigación a las imágenes obtenidas se les aplicaron filtros promedio, el cual suaviza la imagen y filtro gaussiano que permite eliminar ruido en la imagen. Posteriormente se implementó segmentación por el método de Otsu para obtener la región de interés, que para esta investigación es la silueta corporal. En la Figura 4. Se ejemplifica el proceso de tratamiento de imágenes tomada a los individuos.

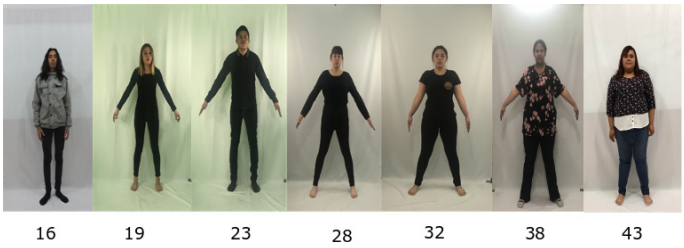


Figura 4a – Imagen original de rangos de IMC



Figura 4b – Imagen umbralizada

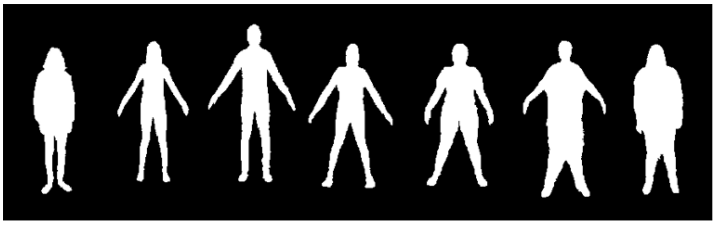


Figura 4c – Silueta final

3.3. Extracción de características

En el tratamiento de imágenes se utilizan principalmente las características geométricas. Las características geométricas son una de las más importantes para la clasificación de objetos. Las características geométricas proveen información de la forma y dimensiones de la región de interés de la imagen (Zhang,2011) (Hu, 1962) (Hu & Collomosse, 2013) **(**Cervantes, Taltempa, Lamont, Castilla, Rendon & Jalili, 2017**)**.

Con estas características se puede obtener el área, el perímetro de la región, su redondez, altura, ancho, rectangularidad, proyección (en sus componentes x e y), excentricidad, centro de gravedad (componentes *X* e *y*), orientación, solidez, extensión, área convexa, elipsidad (varianza, orientación, excentricidad, eje mayor, eje menor, centro de elipse). Un sistema eficiente de clasificación debería reconocer objetos sin importar la orientación, localización y tamaño, siendo invariantes al escalamiento, rotación y posición del objeto.

Los momentos son usados en el reconocimiento de imagen ya que son invariantes a la rotación y al tamaño del objeto. Los momentos fueron introducidos por Hu (Hu,1962). Los momentos de Hu de orden $(p+q)$ de una función de intensidad $f(x,y)$ se definen:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x,y) \tag{1}$$

donde $f(x,y)$ representa la intensidad del pixel en la región segmentada. Los momentos de orden bajo describen la forma de la región. Por ejemplo, m_{00} describe el área de la región segmentada, mientras que 01 y 10 describen las coordenadas X e y del centro de gravedad. Sin embargo, los momentos $m_{02,}$ $m_{03,}$ $m_{11,}$ $m_{12,}$ $m_{20,}$ $m_{21,}$ m_{30} son invariantes a la translación, rotación e inversión. Los momentos centrales son invariantes al desplazamiento y se pueden calcular de la siguiente manera:

$$\mu_{pq} = \sum_{i,j \epsilon R} (i-\bar{\imath})^p (j-\bar{\jmath})^q \tag{2}$$

donde p, q describen el grado del momento, i, j definen las coordenadas de cada uno de los puntos de la región segmentada, mientras $\bar{\imath}$ y $\bar{\jmath}$ representan los centros de gravedad o la media de los puntos que pertenecen a la región segmentada en los ejes coordenados x e y, estos también pueden ser obtenidos mediante:

$$\bar{\imath} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \bar{\jmath} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \tag{3}$$

Los momentos de Hu se pueden obtener de la siguiente manera:

$$\Phi_1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$\Phi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

$$\Phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2$$

$$\Phi_4 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$\begin{aligned}\Phi_5 = {} & (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + 3\eta_{03})^2] \\ & + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]\end{aligned}$$

$$\Phi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$\begin{aligned}\Phi_7 = {} & (3\eta_{21} - \eta_{03}) + (\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ & - (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]\end{aligned} \tag{4}$$

donde:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{rs}}{\mu_{00}^{t}}, t = \frac{p+q}{2} + 1 \tag{5}$$

Algunas veces es necesario tener características invariantes a traslación, rotación, escala y transformaciones afines. Los momentos de Flusser obtienen características derivadas a partir de los momentos centrales de segundo y tercer orden que son invariantes a transformaciones afines (Flusser & Suk, 1993) **(**Cervantes, Taltempa, Lamont, Castilla, Rendon & Jalili, 2017**),** estas pueden ser obtenidas a partir de las siguientes ecuaciones:

$$I_1 = \frac{\mu_{20}\mu_{02} - \mu_{11}^2}{\mu_{00}^4} \tag{6}$$

$$I_2 = \frac{\mu_{30}^2\mu_{03}^2 - 6\mu_{30}\mu_{21}\mu_{12}\mu_{03} + 4\mu_{30}\mu_{12}^3 + 4\mu_{21}^3 4\mu_{03} - 3\mu_{21}^2\mu_{12}^2}{\mu_{00}^{10}} \tag{7}$$

$$I_3 = \frac{\mu_{20}(\mu_{21}\mu_{03} - \mu_{12}^2) - \mu_{11}(\mu_{30}\mu_{03} - \mu_{21}\mu_{12}) + \mu_{02}(\mu_{30}\mu_{12} - \mu_{21}^2)}{\mu_{00}^7} \tag{8}$$

$$I_4 = (\mu_{20}^3\mu_{03}^2 - 6\mu_{20}^2\mu_{11}\mu_{12}\mu_{03} - 6\mu_{20}^2\mu_{02}\mu_{21}\mu_{03} + 9\mu_{20}^2\mu_{02}\mu_{12}^2 +$$

$$12\mu_{20}\mu_{11}^2\mu_{21}\mu_{03} + 6\mu_{20}\mu_{11}\mu_{02}\mu_{30}\mu_{03} - 18\mu_{20}\mu_{11}\mu_{02}\mu_{21}\mu_{12} -$$

$$8\mu_{11}^3\mu_{30}\mu_{03} - 6\mu_{20}\mu_{02}^2\mu_{30}\mu_{12} + 9\mu_{20}\mu_{02}^2\mu_{21} + 12\mu_{11}^2\mu_{02}\mu_{30}\mu_{12} -$$

$$6\mu_{11}\mu_{02}^2\mu_{30}\mu_{21} + \mu_{02}^3\mu_{30}^2)/\mu_{00}^{11} \tag{9}$$

Otras características usadas son descriptores de elipse, convexidad de la región, momentos de Flusser (F_1,...,F_4)(Flusser & Suk, 1993)(Mingqiang, Kidiyo & Ronsin, 2008), momentos R (R_1,...,R_{10}), descriptores de Fourier (Mingqiang, Kidiyo & Ronsin, 2008) (Nixon & Aguado, 2002)

En esta investigación se obtuvieron 57 características geométricas de la silueta de cada individuo. El vector de características resultante *Xg* puede ser representado de la siguiente manera:

$$Xg=[X_1, X_2,..., X_n] \tag{10}$$

$$Xg=[\,X_{gb},\,X_{Hu},\,X_{F},\,X_{R},\,X_{DF}] \tag{11}$$

donde χ_{gb} representa las características geométricas elementales ($X_{gb}=X_{1},\ldots,\,X_{28}$), X_{Hu} representa los momentos de Hu ($X_{Hu}=X_{29},\ldots,\,X_{35}$), X_{F} representa los momentos invariantes de Flusser ($X_{F}=X_{36},\ldots,\,X_{39}$), X_{R} representa los momentos invariantes de cambios de iluminación ($X_{R}=X_{40},\ldots,\,X_{49}$), X_{DF} representa los primeros 8 descriptores de Fourier ($X_{DF}=X_{50},\ldots,\,X_{57}$).

3.4. Identificación de IMC

Para poder identificar a que rango pertenece el IMC se necesita reconocer los patrones específicos de cada conjunto de datos que los diferencian. El reconocimiento de patrones es una tarea muy compleja. Para la experimentación en esta investigación se utilizaron los siguientes clasificadores para poder comparar los resultados obtenidos.

3.4.1. SVM

Las SVM (Vapnik, 1995). son una de las técnicas de clasificación más utilizadas en los últimos años, Las características clave de las SVMs son el uso de *kernels* al trabajar en conjuntos no-lineales, la ausencia de los mínimos locales, la solución depende de un pequeño subconjunto de datos y el poder discriminativo del modelo obtenido al optimizar el margen de separabilidad entre clases, estas características permiten a las SVM obtener resultados muy competitivos en comparación con otros oclasificadores. Formalmente las SVM pueden ser definidas de la siguiente manera:

Asumiendo que un conjunto de datos de entrenamiento *X* es dado como:

$$(x_1,y_1),(x_2,y_2),\ldots,(x_n,y_n)\ i.e.\ X=\{x_i,y_i\}_{i=1}^{n} \tag{12}$$

donde $x_i \in \mathcal{R}^d$ y $y_i \in (1,-1)$. Entrenar una SVM permite resolver un problema de programación cuadrática como sigue:

$$max_{\alpha_i} -\frac{1}{2}\sum_{i,j=1}^{l} \alpha_i y_i \alpha_j y_j \mathrm{K}\langle x_i \cdot x_j\rangle + \sum_{i=1}^{l} \alpha_i \tag{13}$$

Sujeto a: $\sum_{i=1}^{l} \alpha_i\, y_i = 0,\ C \geq \alpha_i \geq 0,\ i = 1,2,\ldots,l$

Donde $C > 0,\ \ \alpha_i = [\alpha_i,\alpha_i,\ldots\alpha_l]^T, \alpha_i \geq 0,\ i = 1,2,\ldots,l$ son coeficientes que corresponden a x_i, x_i con α_i diferentes a cero, que son llamados Vectores Soporte(SV). La función K es una función. Las SVM son clasificadores lineales, es decir, se clasifica entre dos conjuntos de datos mediante la construcción de una línea que separa dos clases. Cuando esto no es posible, se utiliza una función llamada *kernel* que transforma el espacio de entrada a un espacio altamente dimensional, en donde los conjuntos pueden ser separados linealmente después de la transformación. Sin embargo, la elección de una función está restringida a aquellas que satisfacen las condiciones de Mercer (Vapnik, 1995).

Sea S el conjunto de SV obtenidos después del entrenamiento, entonces el hiperplano óptimo es dado por:

$$\sum_{i \in S} (\alpha_i y_i) \mathrm{K}(\boldsymbol{x}_i \cdot \boldsymbol{x}_j) + b = 0 \tag{14}$$

Y la función de decisión optima es definida como

$$f(x) = sign\left(\sum_{i \in S} (\alpha_i y_i)(\boldsymbol{x}_i \cdot \boldsymbol{x}_j) + b\right) \tag{15}$$

Donde $\boldsymbol{x} = [x_1, x_2, \ldots, x_l]$ son los datos de entrada, α_i y y_i son los multiplicadores de Lagrange. Un nuevo objeto $\boldsymbol{x}$ puede ser clasificado empleando Eq(14). El vector $\boldsymbol{x_i}$ es dado en la forma de producto punto. Existe un multiplicador de Lagrange α para cada punto de entrenamiento. Cuando el máximo margen del hiperplano es encontrado, solamente los puntos más cercanos al hiperplano satisfacen $\alpha > 0$. Estos puntos son los vectores

soporte (*SV*).

3.4.2. Redes neuronales

Una red neuronal es un conjunto de neuronas artificiales interconectadas que utilizan modelos matemáticos para procesar información (Werbos, 1994). Las múltiples conexiones entre las neuronas forman un sistema adaptivo cuyos pesos se actualizan mediante un particular algoritmo de aprendizaje. Las redes neuronales han sido utilizadas en numerosos campos de aplicación con distintos algoritmos de aprendizaje.

De los distintos algoritmos de aprendizaje, uno de los más utilizados es el algoritmo de aprendizaje *backpropagation* (BP) (Rumelhart, Hinton & Williams, 1986). Para llevar a cabo el proceso de aprendizaje, el algoritmo de aprendizaje BP cambia iterativamente los pesos entre las neuronas minimizando el error cuadrático entre la salida deseada y la obtenida con los pesos actuales. Cada uno de los ejemplos del conjunto de entrenamiento $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \ldots, (x_n, y_n)$ son utilizados para ajustar los pesos en la red. Al ser presentado un ejemplo, la señal es propagada hacia adelante de la red hasta que la salida es obtenida. La salida de la j-ésima unidad oculta es calculada como:

$$O_{nj}^{h} = f_j^h(net_{nj}^h) = \frac{1}{1+exp(-net_{nj}^h)} \tag{16}$$

donde $net_{nj}^h \sum w_{ji}^h x_{ni} + \theta_j^h w_{ji}^h$ representa el peso de la conexión de la i-ésima neurona de entrada a la j-ésima neurona oculta. θ_j^h y f_j^h representan el sesgo y la función de activación de la j-ésima neurona oculta. Por otro lado, la salida de la k-ésima neurona está dado por

$$O_{nk}^{o} = f_k^o(net_{nk}^o) = \frac{1}{1+exp(-net_{nk}^o)} \tag{17}$$

donde los superíndices h y o se refieren a las cantidades en las capas ocultas y de salida respectivamente. El error entre la salida actual y la salida deseada es calculado para ajustar los pesos mediante $E_n = \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{C}(t_{nk} - o_{nk}^{o})$. El procedimiento de ajuste es obtenido a partir del método de gradiente descendente para reducir la magnitud del error. El procedimiento es primeramente aplicado a los pesos en la capa de salida y retropropagado a través de la red hasta que los pesos en la primera capa han sido ajustados $\Delta w_{kj}^{o} = -\propto \frac{\partial E_n}{w_{kj}^{o}}$ y $w_{ji}^{h} = -\propto \frac{\partial E_n}{w_{ji}^{h}}$. Este procedimiento es realizado para cada ejemplo en el conjunto de datos hasta que se cumple un criterio de paro.

3.4.3 Naive Bayes

Los clasificadores Bayesianos (Bernardo & Smith, 2000) (Russell & Norvig, 2002) se basan en la teoría de decisión de Bayes, El principio de Bayes provee una metodología fundamental para resolver problemas de clasificación de patrones cuando la distribución de probabilidad de los patrones es conocida. Un clasificador Bayesiano utiliza un enfoque probabilístico para asignar la clase a un ejemplo. Sea C la clase de un objeto que pertenece a un conjunto de m clases $(C_1, C_2, \ldots, C_m)$ y X_k un objeto con k características $X_k = [x_1, x_2, \ldots, x_k]$, en nuestro caso es el conjunto de características que definen a una hoja. el clasificador Bayesiano, calcula la probabilidad condicional posterior $P(C_i|x_k)$ utilizando la regla de Bayes:

$$P(C_i|X_k) = \frac{P(X_k \ |C_i)\, P(C_i)}{P(X_k)}, \qquad i = 1,2, \cdots m. \tag{18}$$

En la ecuación Eq(11) $P(X_k \ |C_i), P(C_i),$ y $P(X_k)$ son calculadas a partir de los datos de entrenamiento. De acuerdo a la teoría de Bayes para una observación dada X_k, la clase a la que pertenece está dada por la probabilidad posterior máxima:

$$f(X_k) = arg\ max_i P(C_i|X_k) \tag{19}$$

3.4.4 Regresión logística

La regresión logística (Ng, & Jordan, 2002) es utilizada para modelar las probabilidades de clase posterior sin tener que aprender las densidades de clase condicional, facilitando la clasificación en pequeños conjuntos de entrenamiento y una menor complejidad. Sea $\pi_i = p(Y_i = 1|X_i)$ donde X_i es un vector de tamaño $1 \times (p+1)$ con el primer elemento igual a 1 y los elementos restantes corresponden a las características extraídas de la silueta para el ejemplo i. El modelo de regresión logística relaciona π_i con las características mediante la función:

$$logit(\pi_i) = \log\frac{\pi_i}{1-\pi_i} = X_i\beta \tag{20}$$

donde $\beta = (\beta_0, \beta_2, \ldots, \beta_p)$ es el vector de coeficientes de regresión.

4. Resultados experimentales

En esta sección se desarrolla el proceso de experimentación del cálculo del IMC para la creación de un clasificador de IMC. Para la experimentación se normalizaron los datos, se utilizó validación cruzada (*cross validation*) con k=10, se utilizaron datos normalizados. El desempeño de los clasificadores se llevó a cabo utilizando Weka. Los resultados obtenidos con los clasificadores utilizados se muestran en la Tabla 2 donde se visualiza el AUC, F-measure, y Acc de cada uno de los clasificadores.

IMC	Altura promedio(cm)	Peso promedio(KG)	Edad promedio	Hombres	Mujeres	Numero de muestras
17-19	164	49	22	7	11	18
20-21	166	56	20	10	10	20
22-23	165	61	22	16	12	28
24-25	160	62	21	5	19	24
26-27	165	70	22	8	11	19
28-29	158	69	30	1	4	5
30-31	167	86	27	2	2	4
32-33	170	88	21	2	2	4

Tabla 1 – Distribución y promedio de individuos

Los resultados presentados en esta Tabla muestran el desempeño obtenido solo con imágenes de frente. Como se Puede observar en los resultados anteriores, los cuatro clasificadores tuvieron resultados similares en su desempeño, sin embargo, el que mejor desempeño mostro sobre todos fue el clasificador SVM con un 85.1% de clasificación, y el que menor desempeño mostro fue Regresión Lineal con 78%. El rango de IMC que menor precisión obtuvo fue el de 32-33 y el que mejor resultados tuvo fue el rango 26-27. Esto es entendible por el número de imágenes utilizadas para cada clase.

	Bayes			SVM_{RBF}			BP			RL		
Categoría	Acc	F-measure	AUC	Acc	F-measure	AUC	Acc	F-measure	AUC	Acc	F-measure	AUC
17-19	87.13	0.87	0.86	89.47	0.893	0.873	86.2	0.83	0.85	85.3	0.82	0.85
20-21	75.9	0.83	0.89	77.34	0.838	0.920	76.6	0.82	0.87	76.7	0.79	0.83
22-23	71.8	0.77	0.62	75.1	0.821	0.671	72.7	0.78	0.58	73.5	0.78	0.59
24-25	77.3	0.80	0.91	79.4	0.835	0.947	78.5	0.81	0.89	77.9	0.80	0.88
26-27	82.7	0.72	0.90	85.7	0.857	0.924	83.2	0.79	0.87	81.7	0.78	0.81
28-29	64.7	0.75	0.83	65.7	0.789	0.835	65.3	0.76	0.81	61.3	0.71	0.79
30-31	55.9	0.73	0.79	58.4	0.735	0.826	56.3	0.71	0.79	51.9	0.67	0.78
32-33	43.8	0.51	0.74	46.2	0.610	0.815	42.7	0.56	0.75	40.3	0.51	0.73
Promedio	69.90	0.7475	0.81	72.16	0.7972	0.851	70.18	0.7575	0.80	68.57	0.7325	0.78

Tabla 2 – Desempeño de clasificadores con imágenes de frente

	Bayes			SVM_{RBF}			BP			RL		
Categoría	**Acc**	**F-measure**	**AUC**	**Acc**	**F-measure**	**AUC**	**Acc**	**F-measure**	**AUC**	**Acc**	**F-measure**	**AUC**
17-19	86.4	0.89	0.89	90.2	0.92	0.91	86.5	0.82	0.84	87.2	0.84	0.89
20-21	78.2	0.85	0.92	78.3	0.85	0.93	77.3	0.78	0.85	77.2	0.82	0.87
22-23	74.6	0.80	0.74	76.6	0.85	0.72	73.2	0.75	0.62	74.5	0.81	0.86
24-25	78.1	0.81	0.94	80.1	0.86	0.95	77.9	0.83	0.92	78.2	0.83	0.92
26-27	85.1	0.73	0.90	86.8	0.87	0.97	81.4	0.83	0.91	82.4	0.80	0.84
28-29	63.9	0.77	0.88	67.2	0.79	0.85	66.5	0.68	0.79	63.7	0.72	0.81
30-31	58.4	0.78	0.85	54.2	0.72	0.87	60.4	0.59	0.76	54.6	0.69	0.79
32-33	46.4	0.54	0.76	52.5	0.67	0.82	45.9	0.48	0.70	42.6	0.54	0.78
Promedio	71.38	0.7712	0.86	73.23	0.8162	0.8775	71.13	0.72	0.7987	70.0	0.756	0.845

Tabla 3 – Desempeño de clasificadores con imágenes de frente, lateral y atrás

La Tabla 3. Muestra los resultados con las 3 imágenes por persona, es claro ver como la precisión mejora para casi todos los clasificadores. Solo con el algoritmo Backpropagation la precisión cae un poco con respecto a los resultados con una sola imagen (Ver Tabla 2). Sin embargo, podría deberse a una mala selección de parámetros. Aunque la mejora es clara, esta no es significativa. Esto podría deberse al número de imágenes, así como el desbalance en los conjuntos de datos. En este artículo trabajamos con un conjunto de datos muy pequeño y no balanceado. Sin embargo, como trabajo futuro sería importante trabajar con un conjunto de datos balanceado y con más imágenes. Esto mejoraría significativamente el desempeño de los clasificadores.

5. Conclusiones

En este se propone un método para calcular el IMC de los individuos mediante las características obtenidas de las imágenes de la silueta de las personas. De esta manera se obtiene el IMC sin incomodar ni afectar a las personas que sufren por su peso. Los resultados obtenidos en relación con investigaciones similares son muy buenos, sin embargo, los resultados por categoría muestran que los datos de ejemplos utilizados son insuficientes ya que la media de las personas no presenta ese grado de obesidad y es difícil de conseguir imágenes de personas con IMC alto. Otro punto importante observado en los experimentos realizados es que el IMC depende del genero de la persona. Es muy probable que dividiendo la clasificación por genero la precisión del sistema de visión propuesto mejore su desempeño. En los experimentos presentados en este artículo es posible ver que al aumentar el número de imágenes de cada persona (imágenes lateral y trasera) la precisión es mejorada. Sin embargo, la mejora no es significativa y la principal desventaja es que el tiempo de procesamiento aumenta enormemente.

En trabajos futuros se pretende mejorar la investigación en tres aspectos:

1. Base de imágenes. Es posible mejorar el desempeño del sistema aumentando el número de personas en la base de imágenes. En los experimentos se puede inferir además que dividiendo el proceso de clasificación del IMC por genero se puede

mejorar aún más el desempeño de los clasificadores. Una desventaja mayor es que las clases utilizadas están desbalanceadas. Mientras que de algunos rangos se tienen muchas imágenes, de otros rangos se tienen muy pocas imágenes. Para trabajo futuro se debe homogeneizar el número de personas en cada rango.

2. La segmentación. En los experimentos realizados fue necesario eliminar bastantes imágenes de la base de datos original. Esto debido a que al segmentar la imagen no se obtenía perfectamente el contorno de la imagen. Cualquier brillo en la imagen puede provocar una mal segmentación u obtención del contorno de la imagen, disminuyendo la precisión de identificación. En los trabajos futuros se pretende mejorar un método de segmentación que enfrente los retos anteriores.
3. Selección de características. En los experimentos realizados se obtuvieron las características definidas en la Sección 3.2. sin embargo, es posible que algunas de estas sean innecesarias o incluso peor que introduzcan ruido en el clasificador. Como trabajo futuro se utilizarán técnicas para seleccionar adecuadamente las mejores características, eliminando aquellas innecesarias y las que introduzcan ruido. Esto podría mejorar la precisión y disminuir los tiempos.

Referencias

Abuzaghleh, O., Barkana B.D., & Faezipour M. (2015). Noninvasive Real-Time Automated Skin Lesion Analysis System for Melanoma Early Detection and Prevention. IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine 3, 1–12.

Amador, J. D., Cabrera, J. E., Cervantes, J., Jalili, L. D., & Castilla, J. S. R. (2018, October). Automatic Calculation of Body Mass Index Using Digital Image Processing. In Workshop on Engineering Applications (pp. 309-319). Springer, Cham.

Ares,G.(2013). Mathematical and statistical methods in food science and technology, Willey, J. And sons (2013)

Bejarano, M., Calvo A.F. & Henao C.A. (2016). Supervised learning models for control quality by using color descriptors: A study case, in: 2016 XXI Symposium on Signal Processing, Images and Artificial Vision (STSIVA). Presented at the 2016 XXI Symposium on Signal Processing, Images and Artificial Vision (STSIVA), pp. 1–7.

Benevolo, C., Dameri R.P. & D'Auria B., (2016). Smart Mobility in Smart City, in: Torre, T., Braccini, A.M., Spinelli, R. (Eds.), Empowering Organizations, Lecture Notes in Information Systems and Organisation. Springer International Publishing, Cham, pp. 13–28.

Bernardo, S. and Adrian F M Smith (2000). *Bayesian Theory*. John Wiley & Sons.

Bipembi, H. a.-A, J. B. Hayfron-Acquah, Joseph K. Panford & Obed Appiah (2015). Calculation of Body Mass Index using Image Processing Techniques. *International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics, 4*(1), 1-7.

Bolukbaş, G., Başaran E. & Kamaşak M. (2019). BMI Prediction From Face Images, in: 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). pp. 1–4.

Boutayeb, W., Boutayeb A., Lamlili M., D. Mohamed (2014). A mathematical model of overweight/obesity in Morocco, using human biomass. *International Journal of Latest Research on Science and Technology, 3*(6), 65-67.

Cervantes, J., García-Lamont, F., Rodríguez-Mazahua, L., Rendon, A.Y., Chau, A.L. (2016) Recognition of Mexican sign language from frames in video sequences. In: Huang, D.-S., Jo, K.-H. (eds.) ICIC 2016. LNCS, vol. 9772, pp. 353–362. Springer, Cham (2016).

Cervantes, J., Taltempa, J., Lamont, F. G., 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. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial, 14(1), 104-114.

Cervantes, J., Garcia Lamont, F., Rodriguez Mazahua, L., Zarco Hidalgo, A., Ruiz Castilla, J.S. (2018). Complex identification of plants from leaves. In: Huang, D.-S., Gromiha, M.M., Han, K., Hussain, A. (eds.) ICIC 2018. LNCS (LNAI), vol. 10956, pp. 376–387. Springer, Cham (2018).

Chih-Hua Tai and Daw-Tung Lin (2015). A Framework for Healthcare Everywhere: BMI Prediction Using Kinect and Data Mining Techniques on Mobiles, in: 2015 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management. pp. 126–129.

Das A., Dantcheva A., & Bremond F. (2018), Mitigating Bias in Gender, Age and Ethnicity Classification: a Multi-Task Convolution Neural Network Approach. The European Conference on Computer Vision (ECCV) Workshops.

Douglas,D. & Shingairai A Feresu (2013). The relationship between physical activity, body mass index, and academic performance and college-age students. Open Journal of Epidemiology. 3, 4-11.

Duncan,M.J., Alan Nevill, Lorayne Woodfield & Yahya Al-Nakeeb (2010). The relationship between pedometer-determined physical activity, body mass index and lean body mass index in children International Journal of Pediatric Obesity, 5: 445–450.

Flusser, J. & Tomás Suk (1993). Pattern recognition by affine moment invariants. Pattern Recognition 26(1), 167--174.

Hu, M.-K. (1962). Visual pattern recognition by moment invariants. *IEEE Transactions on Information Theory, 8*(2), 179-187.

Hu, R. & John Collomosse (2013). A performance evaluation of gradient field HOG descriptor for sketch based image retrieval. Computer Vision and Image Understanding. (2013) 790--806.

Jalili, L.D., Morales, A., Cervantes, J., Ruiz-Castilla, J.S. (2016). Improving the performance of leaves identification by features selection with genetic algorithms. In: Figueroa-García, J.C., López-Santana, E.R., Ferro-Escobar, R. (eds.) WEA 2016. CCIS, vol. 657, pp. 103–114. Springer, Cham (2016).

Laitinen, K. & Valo M., (2018). Meanings of communication technology in virtual team meetings: Framing technology-related interaction. International Journal of Human-Computer Studies 111, 12–22

Madariaga,N. & Noel B. Linsangan (2016). Application of artificial Neural Network and Background Subtraction for determining BMI in Android Devices Using Bluetooth

Mamat, M., Siti Kamila Deraman, Noor Maizura Mohamad Noor and Nor Fadzilah Zulkifli (2013). Relationship between Body Mass Index and Healthy Food with a Balanced Diet, Applied Mathematical Sciences, Vol. 7, 2013, no. 4, 153 – 159

Mardolkar, M. (2017). Body Mass Index (BMI) Data Analysis and Classification. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing, 6*(2), 8-16.

Mekki, K., Bajic E, Chaxel F & Meyer F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. ICT Express 5, 1–7.

Millard,L. Davies NM, Tilling K, Gaunt TR and Davey Smith G (2017). Searching for the causal effects of BMI in over 300 000 individuals, using Mendelian randomization. bioRxiv preprint first posted online Dec. 19, 2017.

Mingqiang, Y., Kpalma Kidiyo and Ronsin Joseph (2008). A Survey of Shape Feature Extraction Techniques, Pattern Recognition Techniques, INTECH Open Access Publisher.

Mwangi, F. & Elijah G. Rintaugu (2017). Physical Activity and Health Related Physical Fitness Attributes of Staff Members in a Kenyan Public University. *International Journal of Sports Science, 7*, 81-86.

Nahavandi, D., A. Abobakr, H. Haggag, M. Hossny, S. Nahavandi & D. Filippidis (2017). A skeleton-free kinect system for body mass index assessment using deep neural networks. 1-6. 10.1109/SysEng.2017.8088252.

Ng, A. & Michael I. Jordan (2002). On Discriminative vs. Generative Classifiers: A comparison of logistic regression and naive Bayes. *Adv. Neural Inf. Process. Sys*, 841-848.

Nixon, M. & Alberto S. Aguado (2002). Feature Extraction and Image Processing , Academic Press.

Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram. IEEE Trans. Systems Man, and Cybernetics, Vol. 9, pp. 62-66.

Poggi, M. & Stefano Mattoccia (2016). A wearable mobility aid for the visually impaired based on embedded 3D vision and deep learning, in: 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC). Presented at the 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), pp. 208–213.

Polania, L., Dongning Wang, Glenn Fung (2018). Ordinal Regression Using Noisy Pairwise Comparisons for Body Mass Index Range Estimation. (WACV). pp. 782–790.

Pontaga, I. & Jānis Žīdens (2011). Estimation of Body Mass Index in Team Sports Athletes. *Lase Journal of Sport Science, 2*(2), 33-44.

Rumelhart D.E., Geoffrey E. Hinton & Ronald J. Williams (1986). Learning representations by back-propagating errors, Nature, 323(6088): 533--536.

Shofwatul 'Uyun &Toni Efendi (2019) Classification of Human Weight Based on Image. IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems) Vol. 13, No.2 April 2019, pp. 105~116, DOI: 10.22146/ijccs.35794

Supranata, T. H., Davin, P. S. S., Jeremy, D. K., Pratiwi, A. E., & Wulandari, M. (2018). Body Weight Measurement Using Image Processing Based on Body Surface Area and Elliptical Tube Volume. In 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) (pp. 290-294). IEEE.

Stuart Russell & Peter Norvig (2002). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.

Suárez, L.J., López Y.P., Rivera W.F., Ledezma A. (2019). Silkworm Growth Monitoring in Second Stage -Instar- Using Artificial Vision Techniques, in: Corrales, J.C., Angelov, P., Iglesias, J.A. (Eds.), Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II, Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer International Publishing, Cham, pp. 58–72

Ting Shu, & Bob Zhang.(2015). Facial color analysis of Overweight-Obesity and its relationship to Healthy and Diabetes Mellitus using statistical pattern recognition. TENCON 2015pp. 1–4

Vapnik,V.(1995). The Nature of Statistical Learning Theory. Springer.

Wen,L. & Guo G.,(2013). A computational approach to body mass index prediction from face images. Image and Vision Computing 31 (2013) 392–400

Werbos, P.J.(1994). The Roots of Backpropagation. From Ordered Derivatives to Neural Networks and Political Forecasting. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.

Zhang, S. (2011). Modified locally linear discriminant embedding for plant leaf recognition, Neurocomputing, 74(14), 2284-2290.

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

Recebido/Submission: 06/07/2019
Aceitação/Acceptance: 29/10/2019

Portal de ranking de universidades iberoamericanas: una propuesta para facilitar procesos decisionales

Francisco Ganga-Contreras[1], Julio López- Nunez[2], Walter Sáez[3]

ganga.francisco@gmail.com, julio.lopez05@inacapmail.cl, wsaez@unap.cl

[1] Universidad de Tarapacá, Chile.

[2] Universidad Tecnológica de Chile, Chile

[3] Universidad Arturo Prat, Chile

Pages: 472–488

Resumen: La generación de listas de ordenamiento de universidades es una práctica de más de 20 años. Su importancia radica en que es un elemento útil para la toma de decisiones de los diferentes grupos de interés. Conocer el desempeño de estas instituciones constituye en sí misma, una *praxis* de transparencia sobre su gestión; sin embargo, el inconveniente estriba en que han surgido múltiples rankings, los que en muchos casos generan confusión, dada la enorme cifra de datos disponibles. He aquí la relevancia de este trabajo, cuyo objetivo principal es proponer una herramienta que reúna en una sola página web los rankings universitarios de mayor preeminencia a nivel mundial, con el fin de viabilizar el proceso de toma de decisiones de los interesados en obtener algún servicio de universidades iberoamericanas. Se trata de un estudio de campo con un enfoque en los estudios de observación, en este caso, observación in-estructurada.

Palabras claves: Educación superior, gobernanza universitaria, universidades, rankings universitarios, organizaciones.

University ranking portal: methodology for its design and implementation

Abstract: The generation of university ranking lists is a practice of over 20 years. Its importance is rooted on being a useful element for different groups of interests' decision making. Knowing the performance of these institutions constitutes itself transparency praxis over its management; however, the inconvenient is based on the multiple rankings that have emerged, which in many cases generate confusion given the large number of available data. Thus the importance of this paper, who's main objective is to propose a tool that gathers in one web page the most prominent university rankings worldwide, aiming to facilitate the decision making process of the interested parties to obtain any service from Ibero-american universities. It is field study with a focus on observation, particularly, in-structured observation.

Keywords: Higher education, university governance, universities, university rankings, organizations.

1. Introducción

En la actualidad, se percibe como los distintos grupos de interés vinculados a las Casas de Estudio se hallan cada vez más pendientes de los resultados alcanzados por las universidades. Lógica de funcionamiento que ha despertado el interés de las personas por conocer el desempeño de las Instituciones de Educación Superior (IES) en una o varias áreas de su competencia, lo que ha traído consigo el nacimiento de diferentes mediciones en torno al quehacer de las IES en determinadas dimensiones.

Hoy, existe una multiplicidad de listas de ordenamiento -tanto locales como globales- con un sinfín de metodologías respecto a las variables que utilizan y que intentan analizar el trabajo de las universidades en sus distintas facetas.

La posibilidad de agrupar bajo una misma plataforma todos estos antecedentes resultaría muy útil no solo al entorno académico, sino también a la sociedad en su conjunto, ya que quienes se interesan en dichos temas muchas veces navegan en verdaderos raudales de datos que lejos de clarificar la información generan una gran confusión.

Comparar dichas listas permite, en primer lugar, dimensionar las diferencias metodológicas en la construcción de las distintas mediciones y, en un segundo término, hacer uso de la información. Los *rankings*, a pesar de las críticas que habitualmente reciben, pareciera ser que llegaron para quedarse, visto que, aportan a la transparencia de información y al desarrollo de acciones de *accountability*, a una comprensión de la realidad de fácil acceso (Ramakrishna; 2013; Ganga-Contreras, et al; 2019); inciden y a su vez aportan en la toma de decisiones de actores interesados en la Educación Superior (entes gubernamentales, directivos universitarios, futuros estudiantes, familias, entre otros), facilitan la búsqueda global de talentos (Hazelkorn; 2015), la generación de recursos, el potenciamiento de las buenas prácticas (García y Pita; 2018), la formulación de planes/políticas de cooperación institucional (Pérez-Esparrells y López; 2009) y, es posible además determinar el valor que estaría dispuesto a pagar el futuro estudiante y/o su familia por un título de determinada institución (Ordorika y Lloyd; 2013).

Por lo mencionado, el presente trabajo intenta desarrollar un instrumento (portal de inteligencia de negocios) capaz de agrupar en una plataforma web los rankings universitarios más importantes a nivel global, con el objetivo de viabilizar y apoyar el proceso decisional de las personas e instituciones que requieran de los servicios universitarios de entidades iberoamericanas.

Bajo el nombre de "Portal de *Ranking* Iberoamericano" (Pylae-Riber) se podrán comparar y analizar cuatro *ranking*s universitarios de orden global (ARWU-Academic Ranking of World Universities, THE-Times Higher Education, QS-World University Rankings y SIR-Scimago Institutions Ranking) entre 2003 y 2019. Para su planificación, diseño e implementación se recurrió a un estudio de campo, con registro anecdótico y enfoque en estudio de observación in-estructurado.

La construcción del Pylae-Riber se ajustó al proceso clásico de un sistema de información y se tomó como enfoque de desarrollo el iterativo o incremental.

Haciendo uso de los artefactos propios de la inteligencia de negocios, el formato de presentación de Pylae-Riber se ajusta al concepto de *Dashboard*. El entorno de

construcción se ejecutó con *Power BI*, uno de los aplicativos con mayor valoración en el universo de la inteligencia de negocios.

En relación al proceso de pruebas y validación del portal se consideró una muestra conformada por un equipo de profesionales de desarrollo del proyecto y un grupo de usuarios miembros de la Red de Investigadores en Gobernanza Universitaria (RIGU), que comprende integrantes de México, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Argentina y Chile (gobernanzauniversitaria.cl/index.php/quienes-somos/). Con un total de cuatro iteraciones se dio por finalizado el proceso de diseño, construcción y validación del portal de *rankings* universitarios.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Clasificación de Instituciones de orden mundial

Se parte de la premisa de que los individuos informados deberían tomar mejores decisiones cuando de adquirir servicios se trata; pero no siempre es fácil, especialmente, si se considera el escenario extremadamente intrincado, con colosales flujos de datos e información y la gran masificación e internacionalización de la educación que encarna la atmosfera actual de las universidades (Ganga-Contreras *et al.*; 2014; Brunner & Ganga-Contreras; 2016).

En este plano, los usuarios de la Educación Superior se ven casi obligados a consultar diversas mediciones acerca del desempeño universitario local y global y, es precisamente así que surgen los denominados *rankings*[1], los cuales basan sus metodologías en varios aspectos, cada uno con una orientación distinta en cuanto a las variables introducidas según su clasificación. Por ejemplo: cantidad de programas de doctorado, número de Premios Nobel; de igual manera, pueden incluir la percepción de las personas sobre la universidad (Becerra *et al.*; 2017; Ganga-Contreras *et al.*; 2018).

La madre, el padre, su hijo u otro familiar o cercano, frente a la disyuntiva de "qué elegir" debiesen contar con información mucho más completa de las entidades universitarias, como sus estándares de calidad, los que no siempre se ciñen a las apariencias, *verbigracia*: edificios, apariciones en televisión, periódicos y/o radio, etc. (Valle; 2018).

La aparición de los *rankings* universitarios de nivel mundial, tal vez como resultado del proceso de globalización (Marope *et al.*; 2013), sería un hecho que llevaría a que las universidades se hallen constantemente expuestas a mediciones y comparaciones, quizá en una línea opuesta al objetivo de originen de estas herramientas y que hoy son interpretadas como la forma cualitativa de medir la calidad de las instituciones; perspectiva que no sería parte de un consenso de orden global (García *et al.*; 2008).

[1] Según Usher y Savino (2006), un *ranking* es una lista de agrupaciones de instituciones clasificadas en forma comparativa según un conjunto común de indicadores, presentada habitualmente en "tabla de posiciones" y ordenada de forma descendente. Otra denominación del concepto, utilizando la lengua española, sería "clasificación".

Asimismo, se podría señalar que la tendencia hacia la mercantilización de la educación universitaria puede que les otorgue celebridad y posicionamiento a los *rankings,* como un insumo indispensable (por la información que entregan) para la toma de decisiones (Hazelkorn; 2015; Ganga-Contreras; Sáez & Viancos; 2019).

Dentro de la multiplicidad de *rankings* existentes el trabajo se centra en los cuatro más conocidos: QS, ARWU, THE y SCImago Institutions Ranking (Montané; 2017). Desde una óptica metodológica, éstos revelan más diferencias que similitudes al considerar las variables utilizadas en la construcción de los mismos.

El análisis cuantitativo de la producción científica es uno de los pocos elementos transversales que presentan, en cambio, el empleo de información subjetiva sobre la percepción del prestigio y reputación institucional por parte de la comunidad y el uso de indicadores relativos a premios internacionales o a la internacionalización de académicos y estudiantes se convierten en componentes diferenciadores.

Los *rankings* de índole global y local producen cierta preocupación en cuanto a su metodología e impacto en la definición del concepto de calidad. La percepción es que este tipo de clasificaciones u ordenación influenciarían lo que las universidades deberían entender por calidad (Usher y Savino; 2006).

2.2. Inteligencia Empresarial para la toma de decisiones

En general, las universidades han ido tomando conciencia de la relevancia de los datos que entregan los *rankings*, tanto en el fortalecimiento de su imagen como en la comprensión que debiera implicar el que se realicen comparaciones entre instituciones y/o los resultados de las mediciones. Acciones que se formalizan cuando se logra incorporar la Inteligencia institucional (denominada igualmente *Business Intelligence*[2] o simplemente BI) para el examen de los resultados de los *rankings*.

Los procesos BI, entendidos como una disciplina, se centran en la cadena de valor que produce la transformación de los datos (Oficina de Cooperación Universitaria-OCU, 2013). Esta vía admite el tránsito desde la acumulación de datos, tal vez obtenidos en disímiles repositores y/o fuentes de información hasta llegar al análisis multidimensional. Ello posibilita establecer relaciones entre los datos analizados, lo cual permitiría una representación icónica de la información que pueda surgir del propio procesamiento de los datos.

En síntesis, BI ha sido vista como un grupo de técnicas y herramientas para la transformación de datos en información útil (Rodríguez *et al.*; 2017).

El término en esencia nace en 1989 reconociéndolo como la vía para describir los conceptos y métodos adoptados en el fortalecimiento de los procesos de toma de decisiones, vía uso de sistemas informáticos (Calzada *et al.*; 2009). De esa manera los procesos BI apoyan la toma de decisiones, facilitan el acceso a grandes volúmenes de datos a usuarios y aplicaciones (Watson; 2007; Peña; 2006; Reinschmidt; 2000), y es así

[2] También reconocido como inteligencia empresarial, inteligencia de negocios o BI (del inglés business intelligence). Se trata de un conjunto de estrategias, aplicaciones, datos y productos los cuales están enfocados a la administración y creación de conocimiento a través del análisis de los datos. (Dedić *et al.*; 2016)

como las empresas están construyendo sistemas BI para apoyar el análisis de negocios y la toma de decisiones (Gangadharan *et al.*; 2004).

3. Metodología

El marco metodológico confluye con estudios de campo (se ajusta a la presentación de una práctica particular, describe situaciones y/o actos concretos, propicia un razonamiento inductivo, útil a otras experiencias similares que se pretendan implementar), con un enfoque en los estudios de observación, en este caso: in-estructurado, centrado en la recopilación, selección y registro de las distintas etapas de la elaboración del portal. Para lo cual se recurrió al "registro anecdótico" como herramienta principal; instrumento que permite hacer descripciones detalladas y exactas de cada uno de los eventos sucedidos. Se trata, por lo tanto, de un estudio de carácter descriptivo, altamente participativo, que implicó el trabajo de un equipo de profesionales e investigadores y la validación de la herramienta por parte de una muestra de 47 expertos.

4. Resultados

El desarrollo bajo un enfoque de prototipos reafirmó el hecho de que las iteraciones tomadas en cuenta por esta alternativa de construcción de sistemas, es una de las variables que se deben controlar con tal de no extender *ad infinitun* el fin del proyecto. No obstante, una herramienta de *Business Intelligence*, que gira en torno a su propia información, revela principalmente los procesos de extracción de datos, la conformación de su almacenamiento y su posterior carga al sistema. Etapa que resultó ser la que mayor demanda de recurso humano en razón de que el proceso se ejecutó de forma manual, transformándose en la instancia de mayor riesgo.

En tanto, los usuarios (expertos) invitados a evaluar el sistema se interesaron en el diseño (tamaño de los textos) y no en la forma en que se muestran los datos, reafirmando la fortaleza de una herramienta capaz de reunir en un solo lugar la información de diferentes rankings universitarios y lo que ello representa para el proceso de toma de decisiones.

Dada la importancia de exponer en detalle la metodología empleada y la necesidad de pormenorizar cada uno de los hallazgos, se describen a continuación las siete fases que interpretan el enfoque de desarrollo que encauzó el proyecto.

Etapa 1: Definiciones

La primera reunión de trabajo se centró en el problema que se pretendía abordar, efectuando el respectivo enunciado y la correspondiente formulación; se definió el objetivo central y las decisiones más importantes.

Las etapas definidas en la creación de una herramienta destinada a la visualización y al estudio de los *rankings* universitarios, denominada "Portal de Ranking Iberoamericano" (Pylae-Riber), se concibieron como un proyecto ajustado al desarrollo clásico de un sistema de información automatizado.

Otro tanto significó la definición del enfoque con el propósito de construir un software de calidad que cumpliera los requerimientos establecidos en la génesis del proyecto. Se

optó por el de desarrollo iterativo o incremental (Mills; 1980), (ver Figura N° 1), lo que posibilitó desarrollar el portal a través de la utilización de prototipos funcionales, los cuales evolucionan gradualmente (Kruchten, 1996).

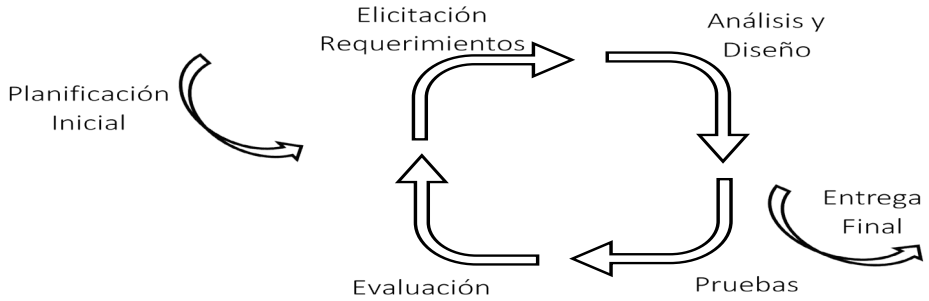


Figura 1 – Proceso de desarrollo de software bajo un enfoque iterativo o incremental

La idea de publicar en un sólo lugar los puestos que ocupan las instituciones iberoamericanas en los *rankings* de mayor notabilidad a nivel global redundó en la construcción del portal. Generalmente se trataría de universidades que aparecieran en alguno de los cuatro *rankings* seleccionados. Además, desde un inicio se concibió presentar de manera nítida los resultados, con la finalidad de conocer la evolución de las entidades en un periodo de tiempo seleccionado.

Etapa 2: Recopilación de datos

Las definiciones anteriores implicaron que el diseño de la base de datos debería poseer una estructura relacional (ver Figura N°2). Se recolectaron datos de los *rankings* ARWU (Academic Ranking of World Universities), THE (Times Higher Education), QS (World University Rankings) y SIR (Scimago Institutions Ranking), entre 2003 y 2019.

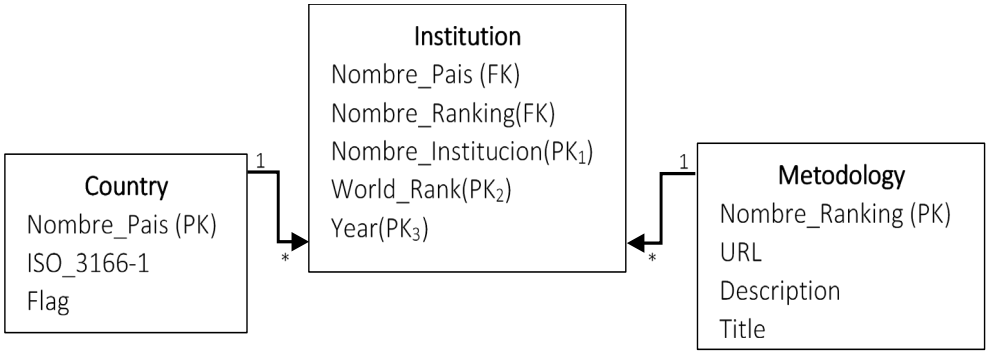


Figura 2 – Estructura Base de datos. Esquema bajo el modelo relacional

El proceso de extracción, transformación o estandarización y carga de datos (reconocido como ETL; *extract, transform, load*) en el almacén (*Data Mart*), que para este proyecto se realizó en el espacio que destina P*ower BI*, fue desarrollado de forma manual. Lo anterior se justifica dado que la herramienta observa diversas fuentes de información, de los cuatro *ranking*s universitarios contemplados en la propuesta, que al momento de la planificación del trabajo no consideran funcionalidades cuando se trata de la extracción de datos automatizados; lo que redunda en que el proceso ETL se transforma en una de las tareas con mayor riesgo en lo concerniente a la fidelidad de la información.

La recolección de datos dictaminó un fallo metodológico encaminado a la correcta publicación del *ranking*. El hecho de que ARWU, THE y QS brinden la posición de algunas instituciones en intervalos o rangos creó una dificultad a la hora de representar gráficamente estos casos; situación que se resolvió tomando en cuenta el límite inferior de los intervalos[3].

Con el fin de disponer de una visión más clara y profunda de los datos almacenados, se optó por el concepto de *Dashboard*[4] para la presentación de los mismos. Lo que se justifica, en vista de que uno de los objetivos principales del proyecto es transformar datos en información semántica; la visualización y la infografía son formas no solo de mostrarlos sino de explorarlos, analizarlos y contextualizarlos (Cairo; 2011).

Mediante los *Dashboards* es posible ofrecer gráficos dinámicos, ajustables en tiempo real; lo que los convierte en una herramienta con clara orientación hacia la toma de decisiones en entornos de alta dirección (Marcus; 2006).

El paso siguiente giró en torno al software al que se apelaría para la generación y publicación de los *Dashboard*. Análisis que se encausó en tres productos: *Midenet, Tableau y PowerBI* (ver detalles en tabla N°1). El criterio de selección se basó en sus características técnicas, las cuales se ajustan a la naturaleza del proyecto y a los resultados del último informe (2019) de la compañía Gartner[5] para exploración de datos. Las tres herramientas seleccionadas fueron catalogadas como Lideres en el área del *Bussiness Intelligence*.

Considerando la naturaleza del proyecto y las características de las herramientas evaluadas, la decisión final se sustentó en las potencialidades del uso y creación de informes, los costos de la licencia de uso y las recomendaciones de usuarios; variables que definieron el que la herramienta seleccionada fuera Power BI de Microsoft.

[3] Por ejemplo, la Universidad de Chile en el ARWU 2017 se encuentra en el rango 300-400, para graficar su posición en este *ranking* se decide mostrar como posición el puesto número 300.

[4] Interfaz gráfica que permite realizar análisis de datos, generalmente provenientes de diferentes fuentes.

[5] Gartner, Inc. Es una consultora de orden global en investigación y asesoramiento de tecnologías de información. Analiza tendencias del mercado y facilita la selección de plataformas, elabora informes de publicación anual sobre soluciones tecnológicas. Estos informes reciben el nombre de “Magic Quadrant”

Herra-mienta	Característica	Licencia
Qlik	Aplicación de análisis y visualización de datos que permite a los usuarios crear fácilmente visualizaciones, informes y paneles personalizados. Utilización del concepto de arrastrar y soltar. Gratis para uso personal. Aplicación de escritorio y visualización formato web.	Pago
Tableau	Herramienta de visualización de datos interactivos enfocada en inteligencia empresarial. Arquitectura cliente – servidor.	Pago
Power BI	Conjunto de aplicaciones de análisis de negocios, creación de *Dashboard* en modo escritorio y web. Visualización en formato web, no requiere una arquitectura cliente – servidor.	Gratuita

Tabla 1 – Características que distinguen a las tres herramientas evaluadas

Etapa 3: Análisis y discusión de los antecedentes recolectados

Con la información recolectada, se procedió a discutir con el equipo multidisciplinario (tres licenciados y tres postgraduados de las áreas de la administración, metodología de la investigación y tecnología de la información) las variables y necesidades que debería considerar una herramienta orientada a entregar información sobre la posición de las universidades iberoamericanas en los *rankings* más notables. (ver evaluación del equipo a continuación en la tabla N°2).

Característica	Evaluación equipo desarrollo
Facilidad de Uso	Según el informe de Gartner, para un 14% de los clientes de Microsoft la usabilidad es el principal criterio de selección.
Costo licencia de uso	Incluye versión gratuita para Desktop, como también para la publicación web.
Recomen-daciones de usuarios.	Según informe de Gartner, los clientes de Microsoft valoran positivamente su experiencia con la marca, particularmente en la facilidad para compartir con otros usuarios. La herramienta dispone de una gran variedad de recursos para compartir (experiencias, casos prácticos, analíticas, etc.) con otros usuarios fuera de la red corporativa vía web.

Tabla 2 - Principales características que describen la herramienta seleccionada para este proyecto. Power BI de Microsoft

Etapa 4: Construcción del primer prototipo

Una vez detectados los requerimientos y definida la plataforma donde se desarrollaría el portal de *rankings* universitarios, se construyó el primer prototipo funcional.

Sobresalen entre los requerimientos detectados en la fase de planificación inicial: (a) Publicación de forma simultánea de *Ranking* Universitarios segregados por universidad y país; (b) Independencia del usuario para seleccionar las variables a utilizar como filtros de información en la generación de los gráficos; (c) Providenciar la información, de modo tal que se puedan realizar análisis acerca de la evolución de las instituciones en los *rankings* universitarios de orden global.

La estructura en tres secciones del primer prototipo se puede ver en la figura N°3: (a) En la parte superior se ubica el filtro por país, el cual permite una selección múltiple; (b) En el costado izquierdo se presentan los diferentes filtros por *ranking*, año de publicación de *ranking* y nombre de institución (Universidad). De estos filtros solo el de *Ranking* admite una selección múltiple, (c) En la parte central se aprecian dos gráficos, en la subsección superior se publica uno de línea que especifica la posición en el *ranking* y el año de publicación. En la inferior se puede ver un gráfico de puntos, el cual muestra el lugar de una institución en los cuatros *rankings* durante el periodo de años del portal (2003-2019).

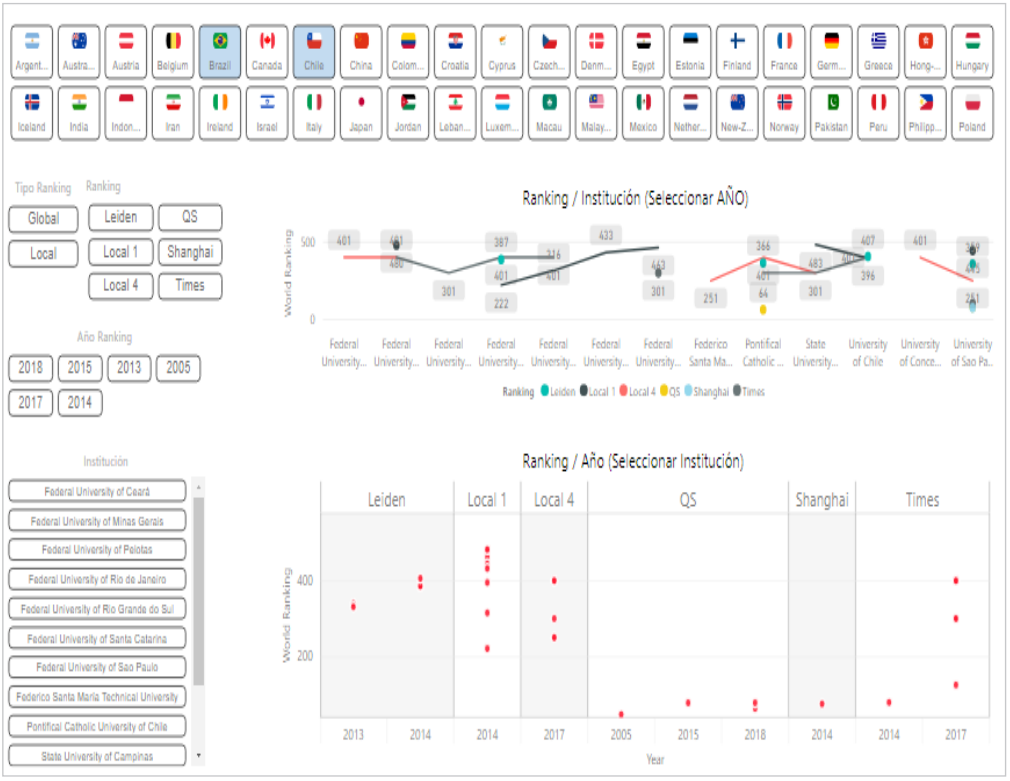


Figura 3 – Primera versión del portal de ranking. Se listan todos los países presentes en alguno de los cuatro rankings seleccionados para este proyecto. Desarrollo con Power BI

Del mismo modo, esta primera versión fue evaluada y discutida por los integrantes del equipo, quienes llegaron a la conclusión de que el prototipo presentado no facilitaba una visualización acotada de las instituciones universitarias de Iberoamérica dada la inclusión de países de todo el mundo.

Obtener una selección múltiple de los países no proporcionaría una visión del comportamiento de las instituciones de cada uno de ellos en particular. Al mismo tiempo, la posibilidad de mostrar datos de más de un *ranking*, afectaría tener una perspectiva clara de su evolución a lo largo de los años.

Etapa 5: Presentación del segundo prototipo

Después de valorar las recomendaciones sobre el primer prototipo, fue "liberada" la segunda iteración (ver figura N°4), donde se exponen las tres secciones en que se estructura el portal de *ranking*. La cifra de países se limitó a los de Iberoamérica y paralelamente se eliminó la selección múltiple considerada en la versión anterior.

La sección de filtros del costado izquierdo (donde se incluyen *rankings,* año de publicación e instituciones) mantiene las particularidades de la anterior versión, a excepción de la selección múltiple para el filtro de *ranking*. Ello apunta a la posibilidad de contar con una visión más limpia del gráfico ubicado en la subsección superior del portal y, algo muy significativo, evitar la comparación de resultados entre varios *rankings*. Decisión que se sustenta, toda vez que las metodologías utilizadas no serían equivalentes.

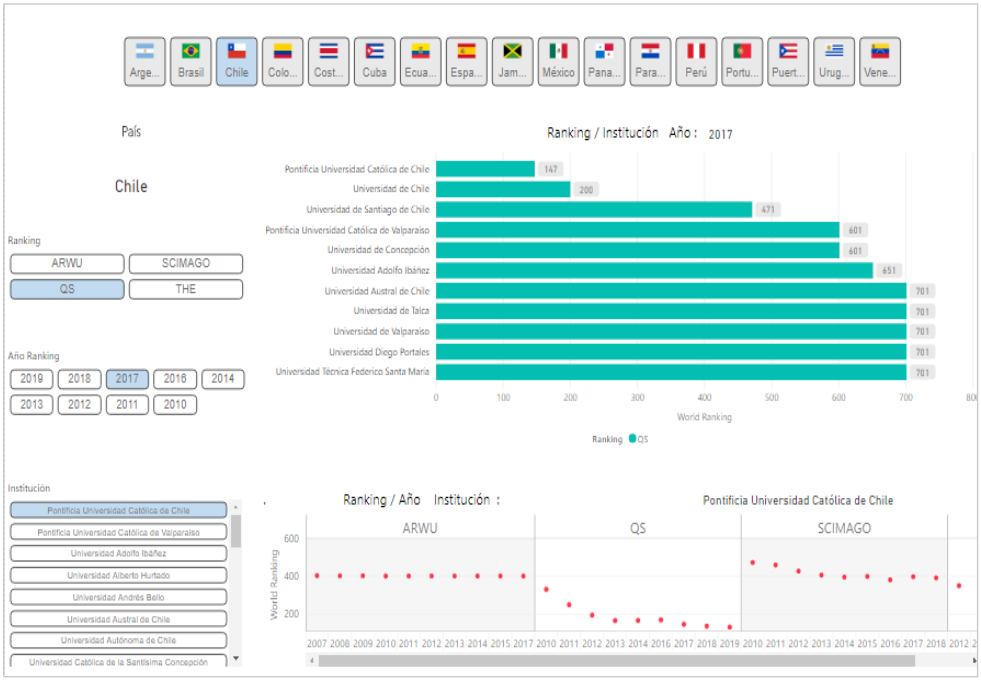


Figura 4 – Segunda versión del portal de ranking. Se listan sólo países de Iberoamérica presentes en alguno de los cuatro rankings seleccionados para este proyecto. Desarrollo con Power BI

Por último, el gráfico pasa de una estructura de líneas a barras con la finalidad de que permita visualizar nítidamente las posiciones que ocupan (dentro del *ranking* seleccionado) cada una de las instituciones pertenecientes a un determinado país.

En definitiva, en la nueva versión (2.0), el gráfico superior evidencia la posición de las instituciones del país seleccionado en el filtro superior. En el gráfico inferior se muestran los resultados que obtuvo una institución elegida en el filtro del costado izquierdo en los *rankings* que forman parte del proyecto. No existe filtro de año para el gráfico inferior.

Cuando el equipo evaluó nuevamente la versión 2.0 del Pylae-Riber sus recomendaciones fueron mucho más simples y recayeron fundamentalmente en que la versión actual cumplía los objetivos originales del proyecto de visualizar el sitio ocupado por cada institución dentro de los cuatro *rankings* que integran el portal; se elimina la tendencia a comparar instituciones de diferentes países. Las dimensiones usadas para exponer los datos gozarían de un tamaño aceptable, a diferencia del texto que ilustra cada gráfica. Por su parte, no se lograrían apreciar completamente la cantidad de entidades expuestas en el gráfico superior.

Con una orientación clara enfocada a resolver el problema de visualización del gráfico superior se pensó en la opción de incluir una línea transversal, con la finalidad de representar la media aritmética de las posiciones que ocuparían las instituciones y de esa manera lograr una especie de guía para los usuarios, en particular en aquellos casos en que el número de éstas superaran los límites de visualización. Las otras zonas del portal (superior, subsección inferior y costado izquierdo) continuaron sin alteraciones (Ver detalles en figura N°5).



Figura 5 – Tercera versión del portal de ranking. Desarrollo con Power BI

Etapa 6: Evaluación de expertos

La nueva iteración resultó el primer prototipo sometido a evaluación por un grupo de usuarios (expertos) miembros de la Red de Investigadores en Gobernanza Universitaria (RIGU). La invitación se hizo llegar, vía correo electrónico, a un total de 60 académicos

e investigadores, a quienes se le aplicó un instrumento diseñado para tales efectos disponible en la web y donde participaron 47 usuarios, los que se centraron básicamente en temas relacionados con la visualización de la (Segoe UI[6] tamaño ocho puntos), en la descripción de gráficos y filtros y en la paleta de colores empleados en los gráficos.

Etapa 7: Presentación de prototipo final

El prototipo final, basado en las opiniones que arrojó la consulta a los miembros de la red de Gobernanza Universitaria en Iberoamérica, produjo un cambio mayor en la presentación de los gráficos e inicialmente éstos se dividieron en dos páginas. La primera muestra el gráfico de barra (ver Figura N°6), y se deja de considerar la línea que marcaba la media aritmética. Una vez que, el área que abarca dicha gráfica (1040 x 592) es tres veces superior ahora, se aumentó la fuente del texto (Segoe UI; trece puntos); afectándose tanto los ejes de la gráfica como el título del objeto. Reflexionando, además, acerca de que el gráfico de barras es el encargado de indicar los resultados de un *ranking* en un año determinado y para las instituciones de un país, el filtro instituciones fue eliminado. Por su parte, la sección de filtro por país pasó desde la parte superior al costado derecho del área de visualización.

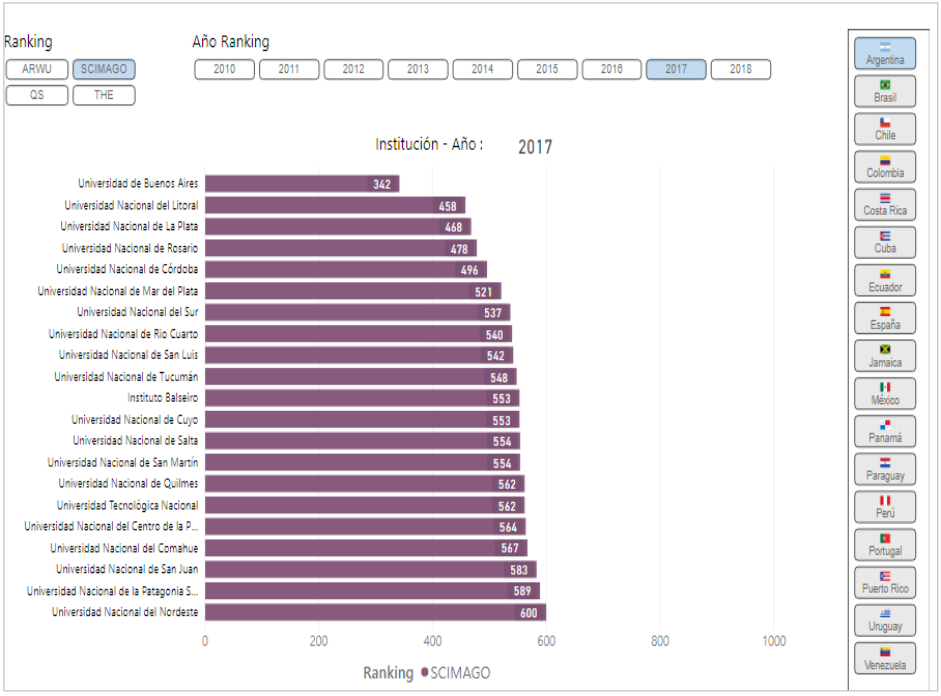


Figura 6 – Cuarta versión del portal de ranking. Imagen correspondiente a la primera página de la presente versión. Desarrollo con Power BI

[6] Segoe UI es un tipo de fuente tipográfica, conocido coloquialmente como “tipo de letra”, que pertenece a la familia Segeo. Esta fuente tipográfica es propiedad de Microsoft y, generalmente es utilizada en materiales impresos y logotipos de productos de esta compañía.

La segunda página (figura N°7), proporciona la visualización del gráfico de puntos que consideraba la versión anterior; el nuevo muestra los resultados de una institución en los diferentes *rankings* a lo largo de los años incluidos en el portal. A diferencia de la versión previa, aquí la información se expone en una misma área y las diferencias entre *rankings* se destacan según las viñetas.

Finalmente, producto de la naturaleza de la información, los filtros de *ranking* y los años fueron eliminados. La sección de filtro por país, al igual que en la primera página, se ubica en el costado derecho del área de visualización. La ampliación del espacio de la nueva gráfica permitió el aumento de la fuente de los ejes y de los títulos del gráfico.

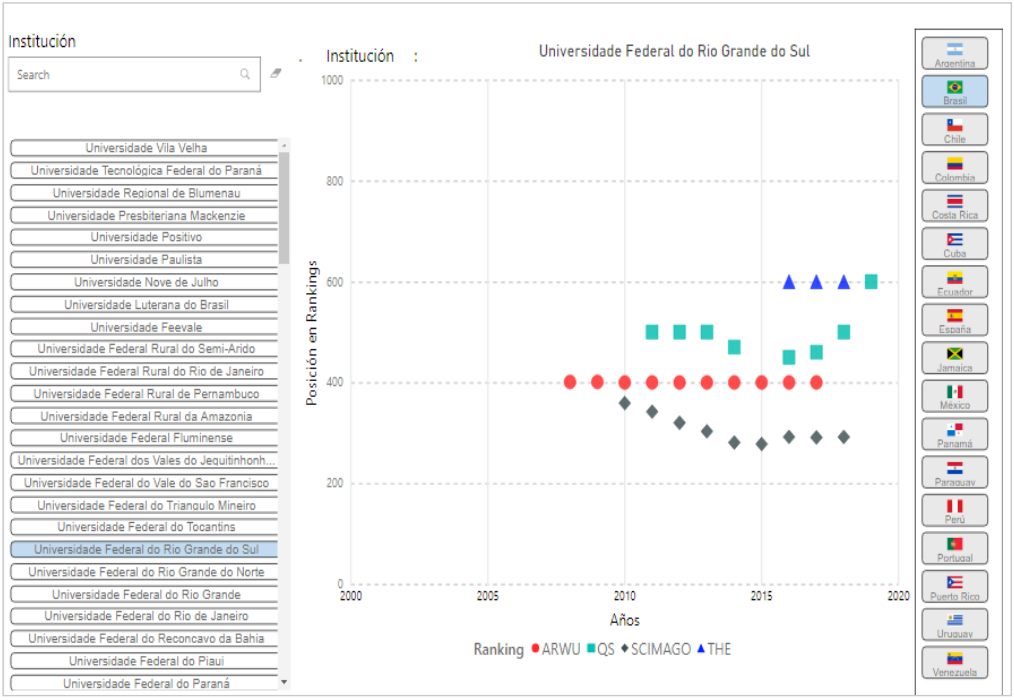


Figura 7 – Cuarta versión del portal de ranking. Imagen correspondiente a la segunda página de la presente versión.
Filtro de países se ubica en costado derecho. Solo se conserva el filtro por institución. Gráfica de puntos representa, en la misma área, la posición de la institución seleccionada, en todos los rankings – años que forman parte de este proyecto. Desarrollo con Power BI

5. Conclusiones

La capacidad de evolucionar en cuanto a los requerimientos funcionales de lo que se pretendía construir dio cabida a todas las voces que formaron parte del proceso de diseño, construcción y validación de la herramienta. Sin dudas, el haber contado con académicos e investigadores de Iberoamérica en el grupo de revalidación de la misma,

brindó la posibilidad de plasmar cada una de las visiones con las que debería contar un instrumento cuya intención es lograr una real contextualización de los resultados entregados por los rankings

Se valida el que hayan sido descartados otros enfoques para la construcción del portal. En cada una de las iteraciones se tuvieron en cuenta los requerimientos funcionales de los futuros usuarios: desde solicitar que se concretara una herramienta capaz de convertirse en una plataforma útil para la comparación de *rankings* hasta fijar la atención en características inherentes a la estética del portal.

Los futuros usuarios no manifestaron una finalidad definida y en cada iteración surgían nuevas propuestas y la discusión se concentró en cuándo se debe detener el ciclo evolutivo. No resulta sencillo controlar esta característica propia de los enfoques de desarrollo basados en prototipos, por lo tanto, se priorizaron todos los requerimientos funcionales declarados por los usuarios y que se ajustaran a los objetivos planteados inicialmente por el proyecto.

Se logró la visualización de datos a través de *dashboard* interactivos, aunque si no se consiguen contextualizar apropiadamente en los distintos *rankings* de manera individual, ello podría distorsionar las conclusiones que generaría un proceso reflexivo de esa realidad aislada.

El formato basado en *dashboard* para la publicación de los datos cobra relevancia y es particularmente viable, por cuanto, en la actualidad se puede contar con herramientas de libre acceso, robustas y validadas internacionalmente, como es el caso de PowerBI by Microsoft.

Los reparos sobre estas listas de ordenamiento se fundamentan substancialmente cuando la mirada apunta hacia las metodologías, las que muchas veces no contemplan los contextos de las universidades, en particular, su tamaño y trayectoria y terminan por convertirse en una visión segada de su desempeño. Fenómeno que podría atenuarse mediante una comparación simultánea de todos los *rankings*, ya sea de una institución en particular, de un país o de una región. De igual modo, la revisión de datos históricos facilita los análisis sobre el desempeño a lo largo del tiempo. Estudiar la evolución de las entidades educativas, si es que existiera, podría ser un elemento que daría cuenta de las gestiones institucionales en las áreas recogidas en estos rankings.

Los desafíos a futuro que el trabajo plantea dicen relación con la incorporación de *rankings* locales por país, lo que facilitaría tener una visión más ajustada a los contextos institucionales y nacionales considerados por los *rankings* de orden global.

La obtención de datos desde los diferentes portales se debe transformar en un proceso totalmente automatizado. El mayor riesgo de esta propuesta lo representa el eje central de la misma, el *Data Mart* que da vida a los *Dashboard*, obliga a pensar en mecanismos automatizados para el proceso ETL. Sin dudas, ello depende en primera instancia de decisiones de externos al proyecto (administradores de los rankings universitarios). En consecuencia, la *web scraping*, pudiese ser la vía para la mitigación de este riesgo, salvo las factibilidades legales que se deben estudiar antes de su implementación.

Agradecimiento

Este trabajo es parte de la investigación enmarcada en el proyecto Conicyt/Fondecyt Regular N° 1161353, por lo que se agradece el apoyo y financiamiento de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile.

Referencias

Barsky, O. (2014). *La evaluación de la calidad académica en debate: los rankings internacionales de las universidades y el rol de las revistas científicas*. 1 UAI. Teseo.

Becerra, H., & Osorio, J. (2017). Sobre los rankings universitarios. *Scientia et technica, 22*(4).

Brunner, J.J., & Ganga-Contreras, F. (2016). Dinámicas de transformación en la Educación Superior latinoamericana: Desafíos para la gobernanza. *Revista Opción, 32*(80), 12-35.

Cairo, A. (2011). *El arte funcional: infografía y visualización de información*. Alamut.

Calzada, L., & Abreu, J. L. (2009). El impacto de las herramientas de inteligencia de negocios en la toma de decisiones de los ejecutivos. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience), 4*(2), 16-52.

Dedić, N., & Stanier, C. (2016). Measuring the success of changes to existing business intelligence solutions to improve business intelligence reporting. In *International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems* (pp. 225-236). Springer, Cham.

Esteller, V., & Medina, E. (2012). Procesos de desarrollo de software y materiales educativos computarizados. *Revistas de Tecnología de Información y Comunicación en Educación, 6*(1). http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/vol6n1/art6.pdf

Ganga-Contreras, F., Cassinelli, A., Piñones, A., & Quiroz, J. (2014). El concepto de eficiencia organizativa: una aproximación a lo universitario. *Revista Lider, 25*, 126-150.

Ganga-Contreras, F., et al. (2018). Universidades Públicas de Chile y su Desempeño en los Rankings Académicos Nacionales. *Revista Fronteira*, 7(3). https://doi.org/10.21664/2238-8869.2018v7i3.p316-341

Ganga-Contreras, F., Sáez, W., Calderón, A., Calderón, Á., & Rodríguez-Ponce, E. (2019). Principales rankings académicos internacionales: el caso de Chile. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Epub December 02, 2019.https://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362019002701964

Ganga-Contreras, F.; Sáez, W. & Viancos, P. (2019). Rankings de universidades como herramientas de evaluación institucional: Un análisis a las metodologías utilizadas por tres instrumentos internacionales. 6. 367-382.

Gangadharan, G. R., & Swami, S. N. (2004, June). Business intelligence systems: design and implementation strategies. In 26th International Conference on Information Technology Interfaces, (pp. 139-144). IEEE.

García, A.M., Esparrells, C.P., & Núñez, M.M. (2008). Una aproximación a un indicador sintético para la evaluación del sistema universitario público español. *Investigaciones de Economía de la Educación,* (3), 105.

García, A. & Pita, M. (2018). Los rankings y sus usos en la gobernanza universitaria. *Revista de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)*, vol. 13, num 37: 95-112.

Hazelkorn, E. (2015). *Rankings and the reshaping of higher education: The battle for world-class excellence. Springer*.

Kruchten, P., & Royce, W. (1996). A rational development process. *CrossTalk, 9*(7), 11-16.

Marcus, A. (2006). Dashboards in your future. *Interactions, 13*(1), 48-60.

Marope, M., Wells, P., & Hazelkorn, E. (eds.). (2013). *Rankings and accountability in higher education: Uses and misuses. Unesco.*

Mills, H.D., & O´ Neil, D. (1980). The Management of Software Engineering Part 1: Principles of software Engineering, IBM Systems Journal, 19(4). USA.

Montané, A., Beltrán, J., & Teodoro, A. (2017). La medida de la calidad educativa: acerca de los rankings universitarios. *Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE), 10*(2), 283-300. https://doi.org/10.7203/RASE.10.2.10145

OCU–OFICINA, D. C. U. (2013). Libro Blanco Inteligencia Institucional en Universidades. Cooperación Internacional.

Ordorika, I., & Lloyd, M. (2013). A decade of international university rankings: a critical perspective from Latin America. In Marope, Priscilla, Wells y Hazelkorn (eds). *Rankings and accountability in Higher Education: uses and misuses*. Paris: Unesco Publishing.

Peña, A. (2006). *Inteligencia de Negocios: Una propuesta para su desarrollo en las organizaciones*. Instituto Politécnico Nacional, Dirección de Publicaciones, México.

Pérez-Esparrells, C., & López, A. (2009). Los rankings de las instituciones de educación superior: una revisión del panorama internacional. *Revista Calidad en la Educación*, n. 30.

Ramakrishna, S. (2013). World University Rankings and the Consequent Reactions of Emerging Nations. En Y. C. Qui Wang y L. Nian Cai (eds.). *Building Worldclass Universities: Different Approaches to a Shared Goal*. Shanghai: Sense Publishers.

Reinschmidt, J., & Francoise, A. (2000). *Business intelligence certification guide*. IBM International Technical Support Organisation.

Rodríguez, H., Riveros, H.P., Romero, G.A., & Suárez, R. M. (2017). *Una aproximación al Business Intelligence en el ámbito universitario de Latinoamérica y su aplicación en el reconocimiento geográfico del territorio*. In de XVII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica, México.

Usher, A., & Savino, M. (2006). Estudio global de los rankings universitarios. *Calidad en la Educación*, (25), 33-53 doi: http://dx.doi.org/10.31619/caledu.n25.252.

Valle, A. (2018). Idoneidad de los rankings universitarios. *Calidad en la educación,* (25), 109-126. doi: http://dx.doi.org/10.31619/caledu.n25.256

Watson, H. J., & Wixom, B. H. (2007). The current state of business intelligence. *Computer, 40*(9), 96-99.

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

Recebido/Submission: 26/09/2019
Aceitação/Acceptance: 25/11/2019

Automatización de la producción de Forraje Verde Hidropónico y Abono Orgánico en la Granja Cunícola Autosustentable en el Municipio de Mutiscua- Colombia

Jeison Javier Lizcano Cañas[1], Luz Marina Santos Jaimes[2]

jeijaliz@hotmail.es, lsantos@unipamplona.edu.co

[1] Ingeniero de sistemas Universidad de Pamplona, Pamplona Colombia.

[2] Grupo de investigación Ciencias Computacionales Universidad de Pamplona, Pamplona Colombia.

Pages: 489–504

Resumen: La orientación principal de este artículo es la automatización de una granja Cunícola autosustentable ubicada en el municipio de Mutiscua – Norte de Santander-Colombia. La automatización integra dos procesos de la granja, los cuales son la producción de abono orgánico en el Lombricultivo y la de Forraje Verde Hidropónico en el invernadero. Gran parte de las tareas repetitivas que se realizaban con mano de obra, fueron reemplazadas por dispositivos electrónicos, manteniendo un sensado estricto sobre las diferentes variables involucradas y tomando las acciones de control necesarias para el correcto funcionamiento de la granja. La implementación se realizó con sistemas embebidos de bajo costo como Arduino y Raspberry logrando cumplir la mayoría de los requerimientos solicitados para la automatización, con respuestas eficientes por parte de los actuadores.

Palabras-clave: Automatización; Control; Granja Cunícola; Sistemas embebidos; Procesos.

Integrated Automation of Hydroponic Crop and Lombricultive Components of the Self-Sustainable Cunicola Farm in the Municipality of Mutiscua

Abstract: The main orientation of this article is the automation of the self-sustaining rabbit farm located in the municipality of Mutiscua – Norte de Santander-Colombia. The automation integrates two processes of the farm, which are the production of organic fertilizer in the vermicultive and of hydroponic green fodder in the greenhouse. Many of the repetitive tasks that were performed by workforce, were replaced by electronic devices, while maintaining a strict census on the different variables involved and taking the necessary control actions for the proper functioning of the farm. The implementation was realized with embedded systems of low cost like Arduino and Raspberry achieving compliance with the most of requirements requested for the automation, with efficient answers by part of the actuators.

Keywords: Automation; Control; Rabbit Farm; Embedded Systems; Processes.

1. Introducción

En general un sistema de automatización busca reducir costes, incrementar la calidad y mejorar la eficiencia frente a las necesidades del mercado, en aspectos como: consumo de energía eléctrica, mano de obra, consumos desproporcionados de agua e insumos, entre otros (González & Rodríguez, 2018). El campo colombiano y en específico la cunicultura enfrenta grandes desafíos y retos, entre ellos la automatización de procesos empleando dispositivos de bajo costo con miras a la reducción de insumos y mejoras en los niveles de producción. Según el Ministerio de Agricultura, en Colombia existen 37.800 unidades productivas las que año tras año crían a 735.000 conejos, impulsando la producción de más de mil toneladas anuales de carne de conejo (MinAgricultura, 2018). En Colombia no hay referentes sobre automatización de granjas cunículas, al contrario de lo que sucede en las granjas avícolas. En (Aguilera, 2015) se menciona que la automatización de procesos en las granjas avícolas ha sido uno de los factores que ayudo a conseguir un incremento de producción de manera eficiente y rentable.

En la Figura 1 se observa un esquema general de la granja Cunícola del municipio de Mutiscua-Colombia, donde se encuentran los tres componentes principales: invernadero donde se produce el Forraje Verde Hidropónico-FVH (50 m²), Lombricultivo donde se lleva a cabo el compostaje del humus líquido y sólido (8 m²), y la estación Cunícola, donde se encuentran los conejos (240 m²).

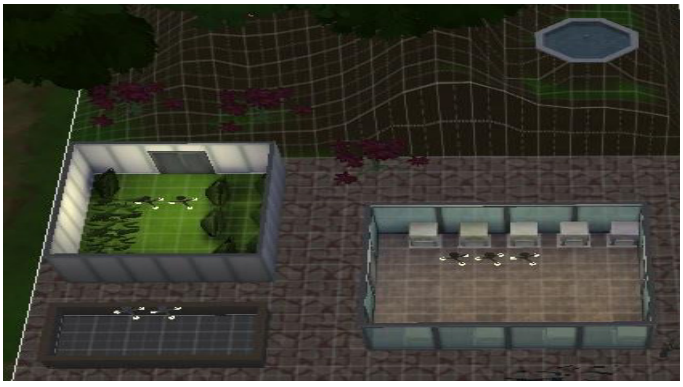


Figura 1 – Esquema general de la granja Cunícola.

La granja cunícola, ha incursionado en la utilización de tecnología, como Arduino (Arduino, 2019), Raspberry pi (RaspberryPi, 2019), sensores, actuadores e Internet de las cosas, para conformar el sistema de automatización de los componentes FVH y Lombricultivo. Con el uso principalmente de Arduino que toma los datos en tiempo real provenientes de los sensores, para posteriormente compararlos con los predeterminados, de esta manera se realiza la activación de los actuadores para controlar que las variables estén en los rangos válidos. La automatización del invernadero se realizó para aumentar la eficiencia en la producción de FVH, teniendo en cuenta que es la principal fuente de alimento de los conejos.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: la sección 2 presenta el estado del arte, sesión 3 da una breve descripción de las variables de la automatización, sesión 4 detalla las herramientas utilizadas para la automatización, sesión 5 describe de forma general el funcionamiento del sistema, sesión 6 expone los resultados, sesión 7 presenta las conclusiones del proyecto, y la sesión 8 relaciona la bibliografía.

2. Estado del arte

Esta sección da a conocer los trabajos previos relacionados a la automatización de procesos similares a los realizados en el presente proyecto. En (Pallo & Ailón, 2010) diseñaron un sistema supervisor para controlar la temperatura y la humedad de un Lombricultivo. El trabajo de (Sarmiento & Mojica, 2016) recopila información sobre la lombricultura, para diseñar un sistema electrónico, que permite controlar la humedad y medir la temperatura en el hábitat de las lombrices mediante tecnología Arduino. Teniendo en cuenta los anteriores, se tecnificó el proceso en cuanto a producción de humus se refiere, con el objetivo de brindarle a las lombrices un ambiente ideal para su buen desempeño en el proceso de compostaje. El presente trabajo también controló el PH, el nivel del humus, y detección de movimiento en el Lombricultivo.

El trabajo de (Escalas, 2014) automatizó el sistema de riego que instala una empresa de jardinería utilizando sensores y dispositivos de bajo costo. Un sistema de sensores conectados a un microcontrolador, a su vez controlado por un microprocesador con acceso a Internet, permitió en forma remota ver los datos meteorológicos y tener un control absoluto de su sistema de riego. En (Gordo, 2017) se dan instrucciones de cómo implementar un invernadero que automatice el proceso de crecimiento de las plantas, controlan la temperatura, humedad y aporte lumínico necesarios para el correcto desarrollo de la planta. Este trabajo dispone de una aplicación móvil para monitorear el crecimiento de las plantas. Como resultado de la automatización de la granja cunícola, en tiempo real se monitoriza remotamente las variables desde cualquier dispositivo móvil con acceso a Internet y localmente mediante la pantalla de la Raspberry.

En (Marinelli, et al, 2015) se implementó y evalúo un sistema hidropónico con un control automatizado basado en un modelo de lógica difusa. En (Riaño, Pastrana & Santos, 2018) aplicaron sistemas embebidos de bajo costo para la automatización de un cultivo hidropónico de lechuga siguiendo las especificaciones NTF (*Nutrient Film Technique*). El trabajo (Guijarro, et al, 2018) desarrolla un sistema de riego automatizado usando hardware y software libres para medir la humedad de la tierra y el aire. También el trabajo de (Cabezas, et al, 2019) empleó sistemas embebidos *open source* específicamente Arduino MEGA y Raspberry Pi3 para la evaluación del grado de conservación de humedad de diferentes combinaciones de sustratos utilizados en el cultivo hidropónico de fresas. Los anteriores trabajos respaldan la selección de los sistemas embebidos empleados en el proyecto para la automatización de los procesos.

Como aporte, la automatización de la granja cunícula minimiza la contaminación ambiental y los costos de energía debido a que se implementa la alimentación energética del sistema por medio de un panel solar y baterías de almacenamiento, que se cambia manualmente a la red eléctrica en caso de condiciones extremas del clima. Se realiza un

seguimiento al crecimiento de FVH con tratamiento de imágenes realizado en Python (Python, 2019) y Matlab (Matlab, 2019), la imagen tratada por Python se envía a un correo electrónico cada 72 horas.

3. Descripción de variables

La automatización de la granja busca tecnificar los procesos que se realizan en la granja, para aumentar la producción de FVH y abono orgánico. A continuación se detalla las variables a automatizar para los componentes FVH y Lombricultivo.

3.1. Variables para el FVH en el invernadero

Control de temperatura del invernadero, la temperatura es modificable dependiendo del estado del cultivo, decisión tomada por el ingeniero Agrónomo, el rango por defecto para la producción de FVH es de 10˚C a 26˚C, la temperatura debe estar dentro de este rango.

Control de humedad FVH, el rango de la humedad es modificable, depende directamente de la decisión del Ingeniero Agrónomo, aunque se determinó un valor por defecto, el rango por defecto es de 30% a 60% de humedad para la producción de FVH.

Control de rayos solares, el nivel de intensidad de rayos UV, como los valores anteriores es modificable dependiendo de la decisión del Ingeniero Agrónomo. Esta variable es temporizada, para los primeros 5 días de vida (FVH) la cortina del cultivo permanece cerrada, de 5 días a 10 días se restringe el nivel de rayos UV, con un valor máximo de intensidad de 3.5uv. Después del décimo día, las cortinas permanecen abiertas sin limitación a la intensidad de rayos UV.

Nivel de agua en el tanque, sensa el nivel de agua con respecto al borde del tanque para evitar fugas del líquido.

Precipitación (lluvia), sensa la precipitación en la zona. ‘1’ (lluvia) ó ‘0’ (no lluvia) respectivamente.

Temperatura del agua, el dispositivo sensa la temperatura del agua utilizada para el riego del cultivo en ˚C, la ideal está alrededor de 18˚C.

Humedad ambiente, sensa la humedad ambiente en porcentaje.

3.2. Variables para el Lombricultivo

Control de humedad, el rango de la humedad es fijo, valor determinado por el Ingeniero Agrónomo, el valor del rango es de 70% a 80 %, de humedad para la producción de humus.

Control de pH, el nivel de pH para la producción de FVH es neutro, se determinó un rango de 7 a 8 niveles de acidez.

Control nivel de humus, el humus debe superar el límite de 8 cm, para emitir la luz verde que indica que hay cantidad suficiente para aplicar al cultivo FVH.

Control de movimiento, el sensor de movimiento, emite una alarma de sonido al detectar movimiento, siendo '0' (no movimiento) y '1' (movimiento).

Control de temperatura, el control de temperatura para el Lombricultivo está dentro de un rango de 18˚C a 25˚C, siendo el ideal para la máxima producción.

4. Herramientas utilizadas en la automatización

Para el desarrollo del proyecto se analizó la aplicación de un sistema robusto como un *Programmable Logic Controller* (PLC), siendo un controlador comúnmente utilizado en automatización (Díaz & Vargas, 2018), aunque es una buena opción a utilizar, el sistema superaba el presupuesto del proyecto. Además, el proyecto no demandaba alta robustez siempre y cuando realice las acciones correctas para el cuidado de los dispositivos, para poder cumplir con los requerimientos. Esto llevo a seleccionar la tecnología Arduino, que con hardware adicional y software adecuado puede realizar los controles requeridos. La placa electrónica del Arduino utilizado fue la Due, compuesta de una CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3, siendo la primera placa con ARM 32 y parecida a la placa MEGA (Vistronica, 2019). La placa cuenta con 54 pines digitales, 12 entradas analógicas, reloj, conexión USB, entre otras especificaciones. Los sensores utilizados para la automatización son compatibles con Arduino, por lo cual se adaptan muy bien.

La utilización de tecnología Raspberry pi 3 B+, en las últimas versiones lanzadas al mercado trae beneficios consigo, con un mejor desempeño, cuenta con un procesador mas potente que funciona a 1.4 Ghz, también aumenta la velocidad en tecnologías como Bluetooth, WiFi doble banda de 2.4 Ghz y 5 Ghz, la tarjeta de Ethernet no esta limitada, entre otras características las cuales hacen que sea una excelente tecnología a utilizar. Este dispositivo es básicamente un microcomputador de bajo costo, que soporta sitemas operativos específicos como lo es Raspbian, al igual permite conexiones por medio de USB (teclado, ratón), HDMI, entre otros como lo detalla la Tabla 1.

Características
CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE
Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
GPIO de 40 pines, HDMI y 4 puertos USB 2.0
Puerto CSI para conectar una cámara y Puerto DSI para conectar una pantalla táctil
Salida de audio estéreo y vídeo compuesto, Micro-SD y Power-over-Ethernet (PoE)

Tabla 1 – Características de Raspberry pi 3 B+

Entre los dispositivos utilizados en la automatización se encuentran: sensor de ultrasonido HC-SR04, sensor de humedad y temperatura AMT1001, electroválvula de

Plástico 12V 1/2" con presión, motoreductor N20-298 6V 50 RPM 1,5 Kg.Cm, protoboard SYB-120 de 700 puntos, sensor de humedad, detector de lluvia para Arduino, motor paso a paso 5.6Kgcm Nema 17, módulo RF transmisor y receptor 433MHz, sonda higrómetro-sensor de humedad de suelo, sensor de pH analógico para Arduino, sensor de temperatura a prueba de agua DS18B20, electroválvula de plástico 12V 1/2" sin presión, placa adaptador para Bluetooth HC-05/HC-06, motobomba, teclado y mouse inalámbrico, pantalla táctil para la Raspberry, planta panel solar con 2 baterías, módulo teclado matricial 4x4 de membrana para Arduino, baterías, sensor de rayos UV, cámara para Raspberry entre otros.

5. Descripción general del funcionamiento del sistema

En la Figura 2, se representa la estructura general de las conexiones del sistema, el cual contaba con conexión a Internet mediante el servicio de datos de la empresa de telefonía móvil, además el proyecto se registró en el sitio Web de *ThingSpeak* donde se alojaron los datos y se monitorearon en tiempo real (ThingSpeak, 2019). Los arduinos que controlan el FVH y el Lombricultivo enviaban datos provenientes de los sensores y rangos especificados para cada componente al teléfono móvil a través de conexión WIFI. La Raspberry realizaba el envío de un mensaje de correo electrónico con el contenido de una imagen tratada del crecimiento de FVH también por conexión WIFI al teléfono móvil. Como conexión auxiliar por sí se presentan problemas de conexión a Internet, el Arduino para el Lombricultivo contiene el emisor encargado de enviar datos al Arduino para FHV (receptor), este a su vez entrega los datos referentes a los dos componentes automatizados a la Raspberry por medio de USB, quien muestra los datos en la pantalla por medio de conexión HDMI.

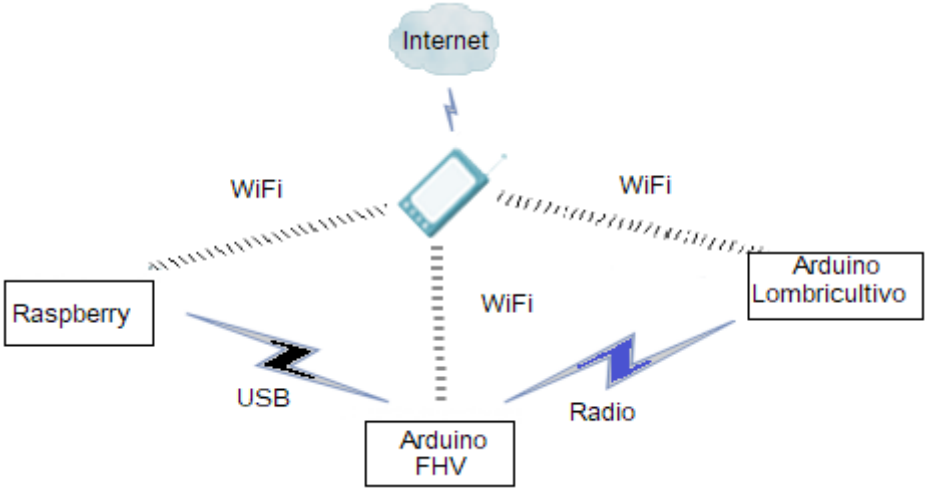


Figura 2 – Estructura general de las conexiones del sistema

5.1. Producción de FVH en el invernadero

El componente invernadero donde se produce el FVH, es uno de los más importantes, ya que ésta construcción permite controlar condiciones ambientales, mayor productividad, mejor calidad, producción durante todo el año, entre otros (Daniel, 2011). El sistema automatizado para la producción de FVH, es el encargado de captar información en tiempo real por medio de los sensores instalados en el cultivo, ya que estos están capacitados para detectar acciones o estímulos externos (Paola, 2018). La señal recibida es enviada por medio del sensor al microcontrolador, en la cual un algoritmo desarrollado en Arduino, recibe la información y la clasifica dependiendo sí la información incluye una o varias variables. En algunos casos realiza el promedio ya que uno o dos sensores no son suficientes para cubrir la zona analizada, de esta manera selecciona una variable y la compara con el rango establecido para dicha variable, de esta manera puede detectar sí la variable está dentro del rango o necesita una actuación como por ejemplo activar la válvula para controlar la variable humedad.

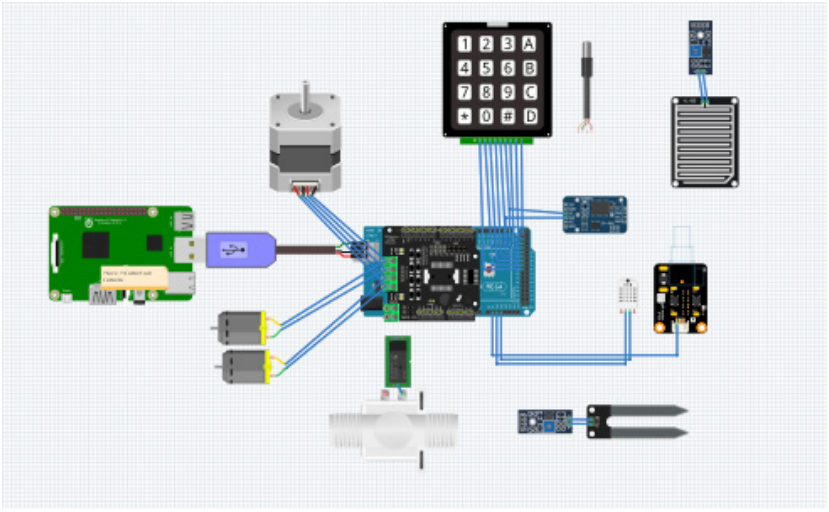


Figura 3 – Estructura general de la automatización para el FVH

En la Figura 3, se presenta un esquema el cual fue utilizado como pruebas en el desarrollo de la automatización, la idea de este montaje es mostrar a escala pequeña cómo es el sistema automatizado. Para la implementación se realiza el montaje por medio de un circuito impreso con conexión a cable UTP, ya que hay distancias que sobrepasan los 8m. Todos los actuadores y sensores están conectados al Arduino principal, el cual recibe la información, la analiza y toma una decisión. El Arduino principal también recibe la información del Arduino encargado del Lombricultivo, por medio del módulo transmisor y receptor 433MHz. La Raspberry se conecta por medio del cable USB al Arduino, y la información recibida la muestra en pantalla.

El Arduino principal también es el encargado de enviar los datos tanto de sensores como de actuadores a Internet por medio del API de la página *ThingSpeak* (ThingSpeak, 2019), donde se debe registrar para la asignación de una clave la cual se utiliza para crear la conexión entre el dispositivo Arduino. La conexión se realiza por medio de la dirección IP de la página, utilizando la clave generada del proyecto. Los datos enviados por Arduino a la página web son monitoreados en tiempo real, con un intervalo de actualización de 15 s; la página permite generar una gráfica para visualizar los datos enviados por Arduino, al mismo modo guarda un registro histórico de los datos.

Los rangos para validar las variables se ingresan al sistema por medio de la matriz 4*4, el software detecta los pulsos y le asigna un valor para el rango seleccionado, sí el administrador no ingresa datos el sistema selecciona los valores por defecto.

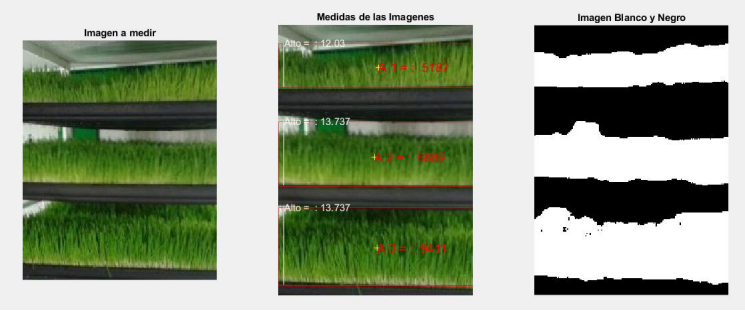


Figura 4 – Procesamiento de imágenes por medio de Matlab

El tratamiento de imagen se realiza al cultivo hidropónico con el fin de poder identificar de una forma remota, sí el cultivo está en perfecto estado, además ver su crecimiento, su color y otros datos que se pueden obtener. Utilizando el lenguaje de programación Python se realiza la toma de la foto al cultivo por medio de la cámara de Raspberry pi, con el objetivo de procesarla mediante OpenCV (OpenCV, 2019), y enviarla a un correo electrónico específico, esta captura de datos se realiza cada 72 horas, un ejemplo de imagen enviada se observa en Figura 4. El envío del correo se configura mediante la librería *smtplib* que es propia de Python, también se utiliza la librería MIME para poder reunir los datos a remitir como son: Asunto, cuerpo del mensaje, datos adjuntos, remitente, destinatario, etc. Por otro lado, para poder establecer el *intervalo* de tiempo entre los correos se utiliza la librería Crono, mediante la cual se le asigna un tiempo de cada 72 horas.

5.2. Lombricultivo

En la Figura 5, se presenta un esquema el cual fue utilizado como pruebas en el desarrollo de la automatización para el componente Lombricultivo, cabe denotar que sólo fue utilizado para las pruebas ya que el real, se realizó por medio de un circuito impreso,

teniendo en cuenta que la cantidad de componentes son mayores a los representados en la Figura 7. Al analizar el tamaño del Lombricultivo, la utilización de sólo una sonda de humedad no es suficiente para cubrir la zona del Lombricultivo, por local se aplicaron nueve sondas, con dos micro aspersores. Lo anterior, demandó una segunda electroválvula, encargada de dejar pasar el flujo del agua y realizar el respectivo riego donde la sonda lo indique. Para tener resultados con menor porcentaje de error fue indispensable el implementar más sensores y actuadores al sistema, lo mismo ocurrió en el sistema para FVH.

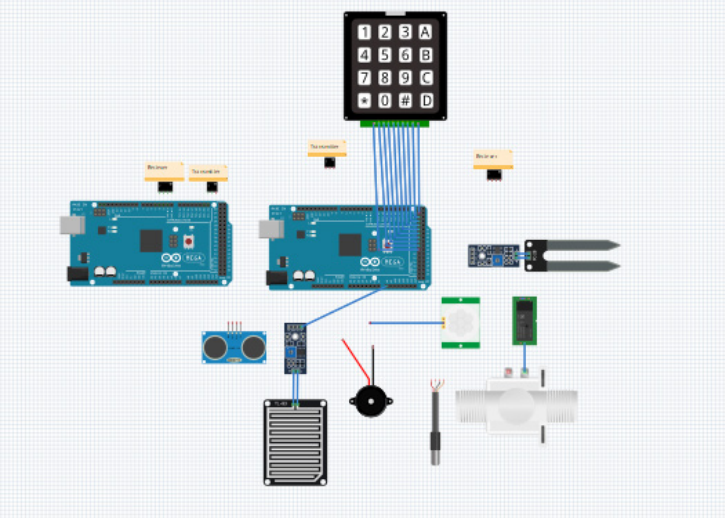


Figura 5 – Procesamiento de imágenes por medio de Matlab

6. Resultados

Para validar los datos sensados y las actuaciones realizadas por el sistema, se cuenta con los puertos COM# para envío y recepción de datos a un computador (Llamas, 2014). Se abrió una comunicación en el puerto serial COM5 de Arduino con dos conectores para realizar la comunicación de datos, RX (Recepción) y TX (Transmisión). En la Figura 6, se observa prueba de los datos capturados por el sensor de humedad y temperatura ambiente.

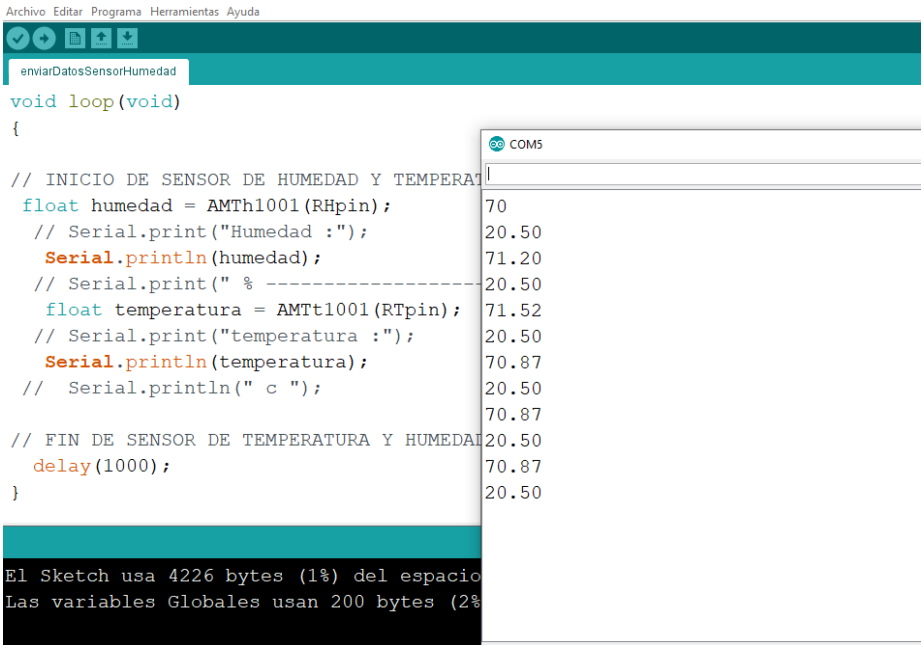


Figura 6 – Datos capturados por el puerto COM5 de Arduino

Por medio del puerto COM5, se realiza una conexión a Java por medio del editor Netbeans, el cual es el encargado de recibir los datos, por medio de una interfaz como se puede ver en la Figura 7.

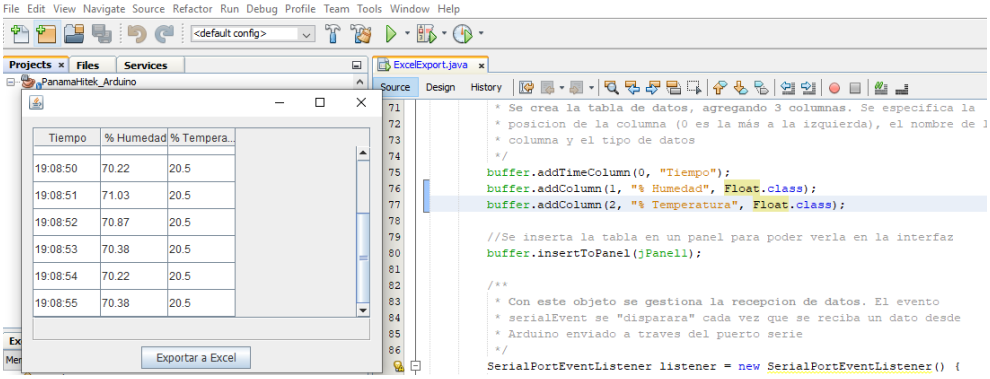


Figura 7 – Recepción de datos de Arduino por medio de Java

De igual forma se validó el envío de los datos a la página Internet. En la Figura 8, se puede observar la información en tiempo real, proveniente de la automatización con un 15 s de diferencia entre lo medido por el sensor y lo subido a la página web. Los datos corresponden a sensor de temperatura y rayos UV del control de FVH.



Figura 8 – Información vista desde una página web.

6.1. Resultados de FVH en el invernadero

El sistema en general funciona correctamente, controlando todas las variables automatizadas de la producción de FVH. Por motivos de espacios se presentan sólo los resultados de tres variables. En la Figura 9, se observan los datos captados por el sensor de humedad del suelo en el rango de 30 a 60 % como el ideal para la producción. Aproximadamente en el segundo 240 se observa un valor fuera del rango, aproximadamente 15% de humedad, este valor obliga al microcontrolador a activar la electroválvula para realizar el riego y volver al rango seleccionado.

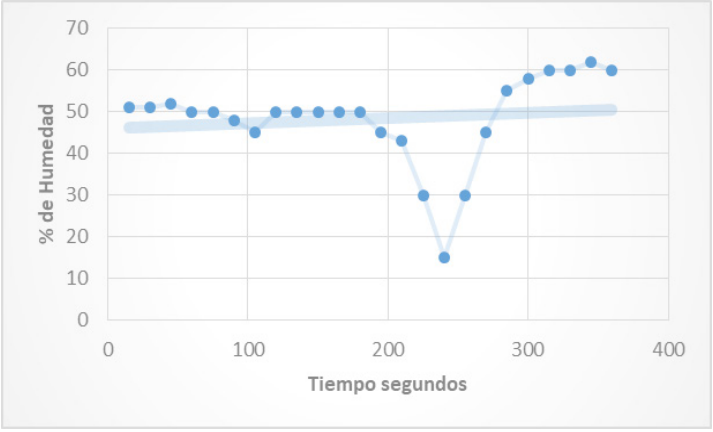


Figura 9 – Validación del sensor de humedad del suelo.

En la Figura 10, se aprecia los datos registrados por el sensor de temperatura en el rango sugerido de 10 a 26 °C, evitando alguna actuación. Se presentan picos de temperatura, las cuales son normales a partir de las 10 am a las 4 pm, donde hay mayor incidencia de los rayos solares.

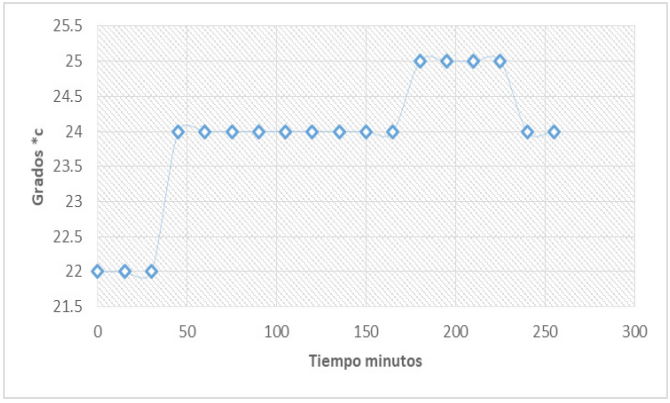


Figura 10 – Validación del sensor de temperatura ambiente.

En la Figura 11 se muestran los resultados de control de rayos UV al cultivo FVH, con un tiempo de 10 minutos en cada intervalo para poder observar con mayor facilidad los saltos de luz del primer sensor al segundo sensor. El control es efectivo y el tiempo de reacción de los actuadores para cerrar o abrir cortinas es de 30s, lo cual es viable y no compromete el desarrollo del cultivo, el tiempo de reacción se tomó por medio del cronometro partiendo desde el encendido del motor hasta que se detuvo.

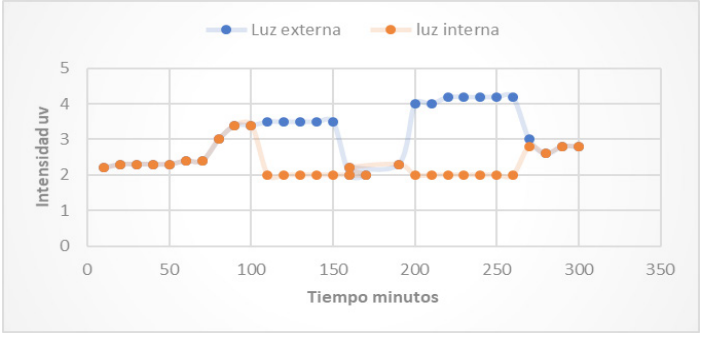


Figura 11 – Resultado del control de rayos UV al cultivo FVH

Desafortunadamente la acción de abrir o cerrar una cortina lateral para llevar la temperatura a los rangos sugeridos, no fue suficiente para controlar la temperatura, ya que no tiene la capacidad suficiente de generar calor o frío, por lo cual se sugiere la implementación de dispositivos de calefacción o aire acondicionado que se encargue de controlar dicha temperatura.

6.2. Lombricultivo

El sistema en general funciona correctamente, controlando todas las variables automatizadas del Lobricultivo. Por motivos de espacios se presentan sólo los resultados de dos variables. En la Figura 12 se aprecia los datos provenientes de los sensores de humedad, para realizar un mejor sensado se implementaron cuatro sensores distribuidos en diferentes partes del Lombricultivo. A partir de los datos recolectados se realiza un promedio para calcular el porcentaje de humedad de todo el Lombricultivo. Para la producción de abono orgánico procesado por la lombriz roja californiana, se debe garantizar un promedio de humedad ideal según (Abraham, 2019), la humedad debe estar entre el 70 y 80%. Una humedad superior al 85% hace que las lombrices entren en un período de latencia y se afecta la producción de *vermicompost* y la reproducción. Debajo de 70% de humedad es una condición desfavorable. Niveles de humedad inferiores al 55% son mortales para las lombrices. Los rangos definidos para el control de la humedad son de 70 a 80%, al obtener un dato inferior al 70% se realiza el riego, manteniendo este porcentaje.

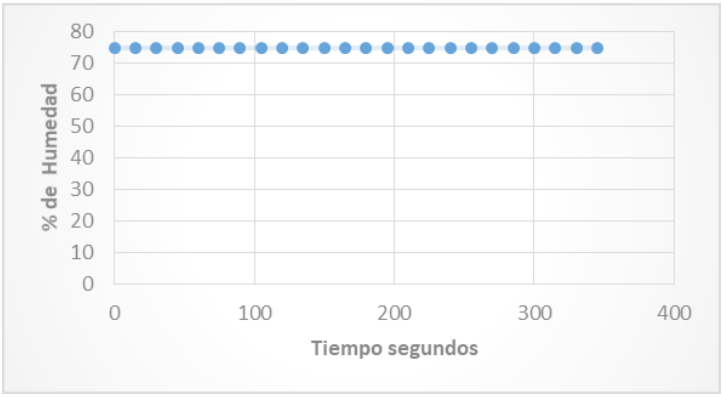


Figura 12 – Validación de la humedad sensada en el Lombricultivo.

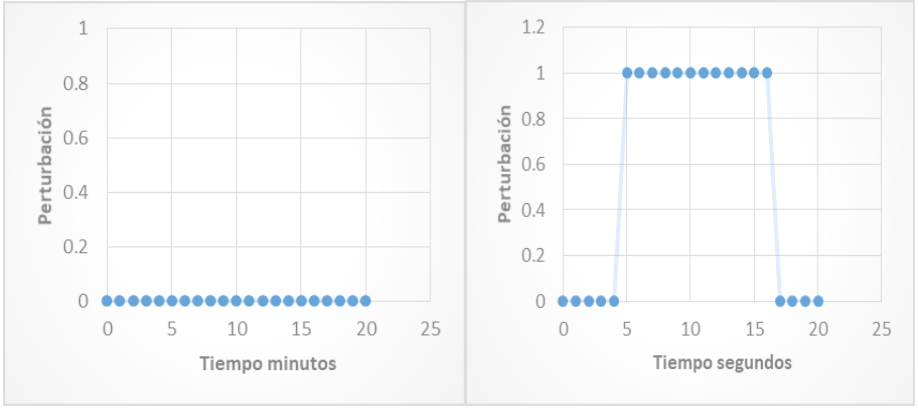


Figura 13 – Sensor de movimiento.

En la Figura 13 (izquierda) se observa una línea sobre el cero, lo cual indica que no se detectó movimiento, por lo cual no fue accionado el actuador (sonido). Para la Figura 13 (derecha) experimentalmente se provocó un movimiento el cual generó la activación del sonido que indica la presencia de intrusos en el Lombricultivo

6.3. Medición de impactos esperados

Se implementó una encuesta con 8 preguntas, para la aplicación de esta encuesta se seleccionó una población de 18 individuos con características especiales como: conocimiento de la granja, conocimiento de los procesos antes y después de ser automatizados, entre otros. Para responder las preguntas planteadas se definió un rango de 1 (Bajo) a 5 (Alto), el individuo debía seleccionar el valor que creía el adecuado dentro de ese rango. Las preguntas y su promedio de resultado a continuación:

1. Se mejora la calidad de vida de los trabajadores de la granja, desde una perspectiva de mediano o largo plazo, debido a la automatización?, 3
2. ¿Se minimizaron gastos en la granja?, 2.4
3. ¿Se minimizó la compra de insumos para la producción de forraje?, 3.4
4. ¿Hay disminución de mano de obra?, 1.7
5. ¿Se tecnificaron procesos del componente Lombricultivo?, 4.2
6. ¿Se tecnificaron procesos del componente cultivo hidropónico?, 4.1
7. ¿La disminución de agua para la producción de forraje verde hidropónico es considerablemente menor, al gastado antes de la automatización?, 4.6
8. ¿El sistema automatizado cree usted que eficiente y cumple con lo esperado como cunicultor?, 4.6

Se obtuvieron altos resultados para las preguntas 5, 6, 7 y 8, esto debido al nivel de tecnificación que se consiguió en los procesos automatizados. En segundo lugar se detecta una disminución en la compra de insumos para la producción de forraje. Los demás datos, aunque son bajos están acorde con lo que se implementó, en mano de obra, solo se redujo medio tiempo de un empleado.

7. Conclusiones

El uso de tecnologías de hardware de bajo costo y libres como Arduino y Raspberry viene incrementándose en prototipos e implementaciones de procesos en granjas agrícolas, principalmente en monitoreo de riegos y control de variables para cultivos hidropónicos, y en menor número para otro tipo de procesos como el control de las condiciones ideales para un lombricultivo. El desarrollo del proyecto automatizó dos procesos de la granja cunícula importantes para la auto sustentabilidad de la granja, las validaciones de los diferentes datos sensados y actuaciones estuvieron en el rango de valores esperados.

El tratamiento de imagen de cultivos constituye un elemento importante como aporte a la solución de diversos problemas, en el proyecto se realizó un tratamiento de imagen al cultivo hidropónico con el fin de identificar de una forma remota, sí el cultivo está en perfecto estado, además de ver su crecimiento, su color y otros datos que se pueden obtener. Mediante el uso de Python se realiza la toma de la foto al cultivo haciendo uso

de cámara de Raspberry pi, con el objetivo de procesarla mediante OpenCV y enviarla a un correo electrónico específico.

El sistema de automatización es amigable con el medio ambiente, ya que permite suministrar sólo la cantidad de agua que requiere el invernadero. También permite que la utilización de químicos sea mínima al implementar un Lombricultivo para la producción de FVH. Se implementó un panel solar para el ahorro de energía, siendo un proyecto con una orientación ecológica. El acceso intermitente y baja velocidad a Internet en las zonas rurales de Colombia impiden un mejor aprovechamiento y desarrollo de tecnologías como Internet de las Cosas.

Bibliografía

Aguilera, M. (2015). *Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología*. Recuperado de: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_214.pdf

Arduino. (2019). *Home Arduino*. Recuperado de: https://www.arduino.cc/

Cabezas, E. F. G., Alulema, J. C. M., Naranjo, H. F. M., Ramos, J. M. O., & Mariño, C. J. S. (2019). Sistemas embebidos open source para la caracterización de la humedad en un cultivo hidropónico de fresa por la variación climática. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, *4*(4), 153-171.

Daniel, J. (2011). *La importancia de la automatización en invernaderos para el cultivo de jitomate en el estado de Morelos*. (Tesis Ingeniería Mecatrónica), Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Díaz, H., & Vargas, Y. (2018) Diseño de un módulo electrónico para la crianza automatizada de peces mediante modelamiento matemático multiparamétrico que simule las condiciones básicas necesarias para la crianza, en estanques artificiales en función de parámetros fisicoquímicos. *Revista UIS Ingenierías*. *17*(2), 253-268.

Escalas R., G. (2014). *Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automatico controlado con Raspberry pi y Arduino*. (Tesis de Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones), Universidad Politecnica de Catalunya – España.

Geler, Abraham. (2019). *La Lombricultura*. Recuperado de: http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/vermicompostaje/172-la-lombricultura.html

González F., G., & Rodríguez, F.G. (2019). Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 27*(6), 1-17.

Gordo R, A.D. (2017). Desarrollo e implementación de un invernadero automatizado con cultivo hidropónico y aplicación móvil para el seguimiento de datos. (Tesis en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica), Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla –España.

Guijarro R., A. A., Torres, L. J. C., Preciado M., D. K., & Manzur, B. N. Z. (2018). Sistema de riego automatizado con Arduino. *Revista Espacios*, *39*(37).

Guimerans, P. (2018). *¿Qué es un sensor?, tipos y diferencias*. Recuperado de: http://paolaguimerans.com/openeart/?p=1372

Llamas, L. (2014). *Comunicación de arduino con puerto serie*. Recuperado de: https://www.luisllamas.es/arduino-puerto-serie/

Marinelli, M., Acosta, N., Kornuta, C., De Silvestre, E., & Wurm, G. (2015). Control automatizado de cultivos hidropónicos mediante Lógica Difusa. In *XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación,* Salta.

Matlab (2019). *Home Matlab*. Recuperado de: https://www.mathworks.com

MinAgricultura (2018). *MinAgricultura busca apoyar a cerca de 39 mil familias productoras de carne de conejo, conformando la cadena productiva*. Recuperado de: https://www.minagricultura.gov.co/

OpenCV (2019). *Home OpenCV*. Recuperado de: https://opencv.org

Pallo, J.P & Ailón, M. (2010). *Diseño de un Sistema Scada de Control Automático de Temperatura Y Humedad para los lechos de Produccion de Humus de Lombriz para la Empresa Biogratecsa Cia Ltda*. (Tesis de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones), Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.

Python (2019). *Home Python*. Recuperado de: https:/www.python.org

Rapsberry Pi (2019). *Teach, Learn, and Make with Rapsberry Pi*. Recuperado de: https://www.raspberrypi.org/.

Riaño, J., Pastrana, M., & Santos, L. (2018). Aplicación de sistemas embebidos para la automatización de cultivos hidropónicos. *International Congress of Electronic and Advanced Technologies,* Pamplona

Sarmiento, D. O. C., & Mojica, K. Y. S. Diseño de un sistema de control de humedad y medición de temperatura para cultivos masivos de lombrices. (2016) *III Semana Internacional y XI Semana de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Cúcuta.

Thingspeak (2019). Home *Thingspeak*. Recuperado de: https://thingspeak.com/

Vistronica (2019). *Arduino DUE Compatible*. Recuperado de: https://www.vistronica.com/board-de-desarrollo/arduino/board/arduino-due-compatible-detail.html

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

Recebido/Submission: 31/07/2019
Aceitação/Acceptance: 21/10/2019

Predicción de demanda de energía eléctrica mediante redes neuronales artificiales.

Iván Fernando Sinaluisa Lozano[1], Andres Fernando Morocho Caiza[2], Cristian Marquez Zurita[3]

isinaluisa@unach.edu.ec, andres.morocho@espoch.edu.ec, Cmarquez@instituto.gob.ec

[1] Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, 060110, Riobamba, Ecuador.

[2] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, 060106, Riobamba, Ecuador.

[3] Instituto Tecnológico Superior Carlos Cisneros, Área de Electrónica, 060106, Riobamba, Ecuador.

Pages: 505–519

Resumen: Se propone un modelo de predicción demanda de energía eléctrica basado en redes neuronal Artificial para mejorar la planificación, operación y mantenimiento de las centrales eléctricas, se empieza con la observación de campo de la subestación eléctrica donde se obtuvo 70.128 registros correspondiente a 10 años; mediante el preprocesamiento se trataron 726 datos perdidos y atípicos, la arquitectura de red se determinó mediante la técnica de búsqueda dinámica y forzada de los mejores mínimos locales, para entrenar la red con gradiente descendente. El porcentaje de error medio absoluto del modelo fue 2,63%, mientras que el basado en regresión lineal múltiple 4,56%. El modelo de predicción basado en la red neuronal artificiales tiene mejor rendimiento que el de regresión lineal múltiple. Se recomienda antes de diseñar un modelo neuronal realizar el pre-procesamiento para corregir datos atípicos, perdidos y a demás suavizar la serie temporal con el fin de obtener resultados satisfactorios.

Palabras-clave: Control automático; Modelo de predicción; Demanda eléctrica; Preprocesamiento de datos; Redes neuronales artificiales.

Prediction of electrical energy demand by artificial neuronal networks

Abstract: A prediction model of electricity demand based on Artificial neural networks is proposed to improve the planning, operation and maintenance of power plants, starting with the field observation of the electrical substation where 70,128 records were obtained corresponding to 10 years; By means of preprocessing, 726 lost and atypical data were processed, the network architecture was determined by the technique of dynamic and forced search of the best local minimums, to train the network with descending gradient. The percentage of average absolute error of the model was 2.63%, while that based on multiple linear regression 4.56%. The artificial neural network based prediction model has better performance than the

multiple linear regression model. It is recommended before designing a neural model to perform pre-processing to correct outliers, lost data and others smooth the time series in order to obtain satisfactory results.

Keywords: Automatic control; Prediction model; Electricity demand; Data preprocessing; Artificial neural networks..

1. Introducción

La demanda de energía eléctrica a nivel mundial en las dos últimas décadas se incrementó entre 50% en el área residencial e industrial, convirtiéndose en un pilar fundamental para el progreso de las naciones ya que este incremento va de la mano con el avance tecnológico que vive las naciones. (World Energy Council, 2019).

De acuerdo a datos publicados en el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), el Ecuador pasó de un promedio del 5,5% en el incremento anual de la demanda de electricidad registrado entre el 2000 y el 2012, a una tasas de crecimiento del 21,3% anual en el 2017, (ARCONEL, 2016). Sin embargo, todos conocemos que esto conlleva a una eminente contaminación ambiental debido a que una parte de la generación de energía eléctrica es producida a través de combustibles fósiles.

Por tanto, es de interés mundial tanto para los gobiernos como para las empresas involucradas en el sector eléctrico proponer alternativas que permita generar y utilizar la energía eléctrica eficientemente, toda vez que la energía eléctrica generada no es almacenable, entonces la energía activa producida deberá ser consumida para evitar desequilibrio en la operación, distribución, mantenimiento y ampliación del sistema interconectado (Tudela, 2011).

La posibilidad de pronosticar la demanda de energía eléctrica es una de las alternativas que en las últimas décadas se ha venido proponiendo a partir de métodos tales como: Tendencias históricas simples, regresiones, paramétricos y la aplicación de inteligencia artificial (Santiesteban Velázquez, Nápoles González, Rodríguez Peña, & Jaime García, 2014).

A nivel nacional la predicción de la demanda energía eléctrica para el sistema de distribución se obtiene mediante modelos convencionales como el de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) con la ayuda del software E-VIEWS versión 7, y "Regresión Lineal Múltiple (CONELEC, 2013), desafortunadamente estos modelos no presentan información confiable (errores superiores al 5%) en un tiempo relativamente cercano para la toma de decisiones, toda vez que el problema de la predicción de la demanda de energía eléctrica posee una gran complejidad debido a sus variables no lineales (Ariza Ramírez, 2013).

Razón por la cual, el departamento de Planificación encargado de realizar la proyección de la demanda de energía eléctrica, a mediados de cada ciclo realiza ajustes a su proyección, dificultando la planificación de la producción de los centros de distribución y la inversión en nuevos proyectos de generación. Ante este panorama es necesario proponer un modelo de predicción de la demanda de energía eléctrica más confiable utilizando técnicas contemporáneas que permita minimizar el error de predicción.

Una de las ramas más destacadas del campo científico de la Inteligencia Artificial es las Redes Neuronales Artificiales (RNA) entendiendo como tales aquellas redes en las que existen elementos

procesadores de información de cuyas interacciones locales depende el comportamiento del conjunto del sistema (Moreno et al., 1994). Las RNA se basan en un modelo matemático de neurona artificiales, propuesto por McCulloch y Pitts en 1943. (Andina & Pham, 2008)

Bajo este panorama (Mordjaoui, Haddad, Medoued, & Laouafi, 2017) propone en su trabajo investigación denominada "Electric load forecasting by using dynamic neural network" un modelo predicción dinámicos backpropagations con resultados de predicción de 3.266% y 4.223% de error.

Mientras que (Wang & Zhu, 2015), realiza una comparación entre cuatro modelos de predicción basados en redes neuronales: Redes Neuronales Backprogation (BPNN), Redes Neuronales ELMAN, Redes Neuronales Fuzzy (FNN) y Redes Neuronales Wavelet Neural (WNN), concluyendo que BPNN es el modelo más óptimo con un error de predicción entre 2,23% y 4,53%.

Los resultados de 5,87% de error de predicción que obtiene (Santiesteban Velázquez et al., 2014) son pocos satisfactorios, esto debido a los pocos datos de entrenamiento disponibles.

La presente investigación propone un modelo de redes neuronales artificiales (RNA) con algoritmo FeedForward BackPropagation como técnica de inteligencia artificial para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica en una Empresa Eléctrica local, con el objetico de minimizar el error de predicción.

2. Método

El enfoque en el que se orienta este trabajo investigativo es el cuantitativo debido a que se toma como centro del proceso de investigación las mediciones numéricas, además se utilizó la técnica de observación y visita in situ del proceso para la recolección de datos (Kinnear & Taylor, 2007).

Los métodos de investigación científica que se aplicaron es el experimental y el descriptivo debido a que el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula, adicionalmente se describe y explica los procesos que enmarquen los modelos de aprendizaje automático (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

Además, las predicciones guardan relación con teorías y datos científicos (o tecnológicos), es decir, la predicción es una aplicación de la teoría científica (Bunge, 1985). Para el análisis de datos se utilizó técnicas estadísticas debido a que los resultados finales son cuantitativos.

El desarrollo de la investigación se la ejecutó en tres momentos: Recolección y preprocesamiento de datos, diseño de la red neuronal, entrenamiento y pruebas.

2.1. Recolección y preprocesamiento de datos

Los datos de la serie de tiempo fueron recogidos de los contadores de energía de las tres salidas perteneciente a la compañía Celec Ep Transelectric y proporcionados por la Empresa Eléctrica local. En total se accedió a 70128 observaciones recolectadas cada 15 minutos correspondiente a al periodo 2007 – 2016, que contiene día, hora y minuto y demanda.

En la figura 1 se presenta la serie de tiempo de la demanda de energía eléctrica, para una mejor presentación solo se muestra 6000 observaciones, donde se evidencia a simple vista que existen valores atípicos (outliers) y perdidos que fueron analizados y corregidos.

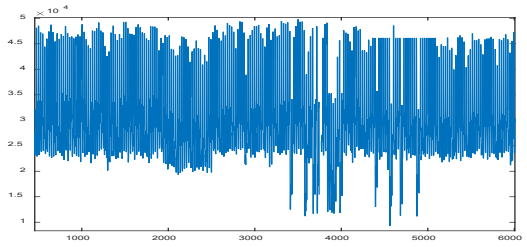


Figura 1 – Serie de tiempo demanda de energía eléctrica

Con el fin de analizar la demanda de energía eléctrica se graficó el perfil de demanda diario de toda la serie de tiempo en un periodo de 24 horas, donde se evidenció que la hora de mayor consumo (hora pico) es a las 20H00, como se muestra en la figura 2.

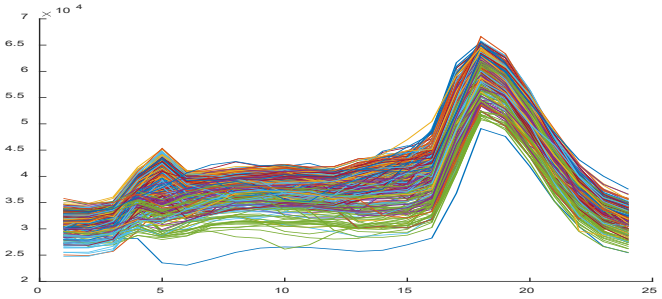


Figura 2 – Perfil de carga del diaria por hora del año 2014

Para la recolección de datos meteorológicos se accedió mediante una cuenta en la base de datos Meteoblue, que presta servicios de datos históricos preprocesador, por lo tanto, estas series no tienen datos atípicos ni perdidos como se puede observar en la figura 3.

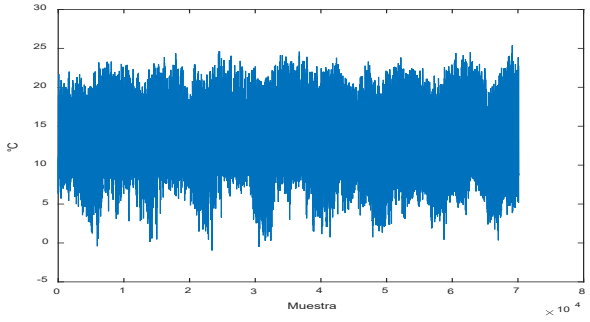


Figura 3 – Serie de tiempo Temperatura

Para identificar técnicamente la existencia de valores atípicos en las series de tiempo de demanda de energía eléctrica, temperatura, se procedió se emplear tres técnicas: Diagrama de cajas, Método de los cuartiles, y prueba de Grubbs, encontrando 406 valores perdidos no registrados y 320 valores atípicos (Vereba, Torres, 2014).

Como se observa en la figura 4 el diagrama de cajas permite identificar de manera visual los valores atípicos y su distribución, si están más o menos concentrados o dispersos respecto a los cuartiles centrales, si existen valores anormales (Ojeda, 2014).

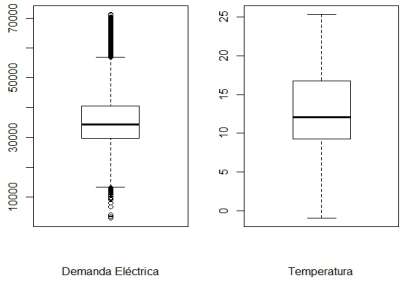


Figura 4 – Diagrama de caja

La prueba de Grubbsen la figura 5 identifica que tan separado está el valor atípico del resto de los valores, obteniéndose el valor de G que representa el valor absoluto de la diferencia de la media y el atípico, dividido por la desviación estándar, es decir es la mayor desviación absoluta de la media muestral en unidades de la desviación estándar de la muestra. (Ortiz, 2014). Para los cual se tomó una muestra de 60 datos con posibles valores atípicos, correspondientes al mes de noviembre del 2009, donde se puedo evidenciar que existe 2 valores atípicos mismos que superan el valor critico de Grubbs para esta muestra que es de 3,03 %.

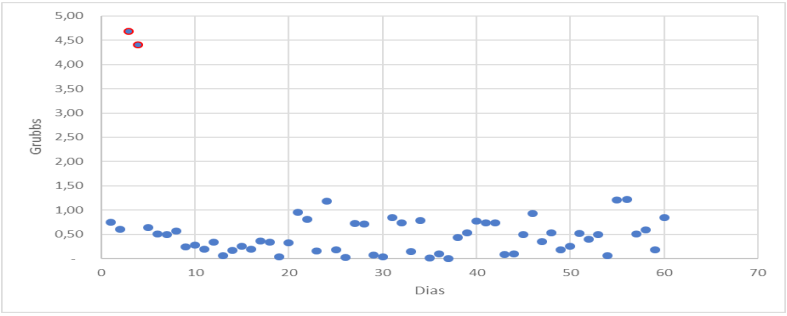


Figura 5 – Valores atípicos demanda Eléctrica mediante método Grubbs

Sin embargo, el método que permitió identificar los valores atípicos y perdidos fue el método de los cuartiles Q, que son tres valores de la variable de estudio que divide a un conjunto de datos ordenados de menor a mayor en cuatro partes iguales, se los representa mediante Q1, Q2 y Q3 correspondientes a los valores 25%, 50% y 75% de los datos respectivamente. Además, el cuartil Q2 representa a la media del conjunto de datos (López, Goñi, San Martín, & Erro, 2019).

Serie	***Cuartil***		***Rango atípico moderado***		***Rango atípico extremo***	
Demanda Eléctrica (Kw-H)	Q1=	29059.63	Linf	13.680,54	Linf	-2.812,27
	Q3=	39312.89	Lsup	54.693,02	Lsup	70.073,82
Temperatura (°C)	Q1=	9.24	Linf	13.453,54	Linf	-13,26
	Q3=	16.74	Lsup	56.829,02	Lsup	38,24

Tabla 1 – Detección de valores atípicos método de los Cuartiles

Para el tratamiento de valores perdidos y atípicos existe diversos métodos, sin embargo, la eliminación es seguramente la opción más sencilla, esto se lo recomienda solo si el porcentaje de observaciones a eliminar es menos a 1%. Para el caso de esta investigación se procedió a eliminar las observaciones con valores perdidos y atípicos debido a que el porcentaje de valores perdidos fue de 0,58%, por lo tanto, la base de datos quedó con 60618 observaciones como se observa en la figura 6:

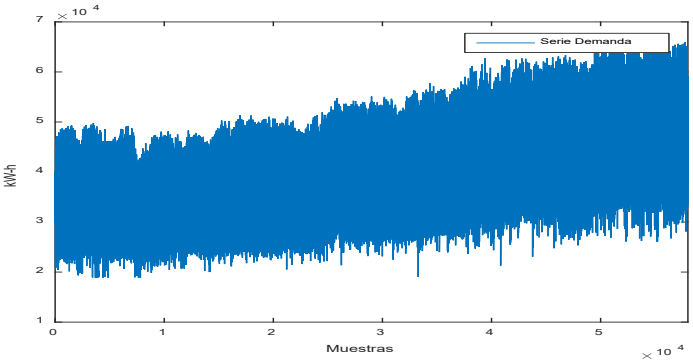


Figura 6 – Datos de la serie de tiempo preprocesador.

En base a lo mencionado por (Delmar, García, Alexander, & Milanes, 2003), los factores o variables que pueden afectar sensiblemente a la predicción de demanda de energía eléctrica son: temperatura, humedad, fecha, hora del día, día de la semana, si es un día

festivo / fin de semana. Sin embargo, se utilizó el método de correlación de variables para determinar que variables tiene más influencia en la demanda de energía eléctrica. La figura 7 muestra que existe una buena correlación entre la demanda de energía eléctrica = x7 con las variables temperatura = x8, Humedad = x9, radiación solar =x12 y velocidad del viento =13.

Sin embargo, se consideró la temperatura y la humedad debido a que estas variables tienen buena correlación con las demás variables meteorológicas, y además porque las utilizan en el modelo de regresión lineal actualmente. Los predictores que se utilizaron fueron:

- Temperatura
- Humedad
- Hora del día
- Día de la semana
- Un variable que indica si es un día festivo / fin de semana
- Carga media del día anterior
- Carga de la misma hora del día anterior
- Carga de la misma hora y el mismo día de la semana anterior

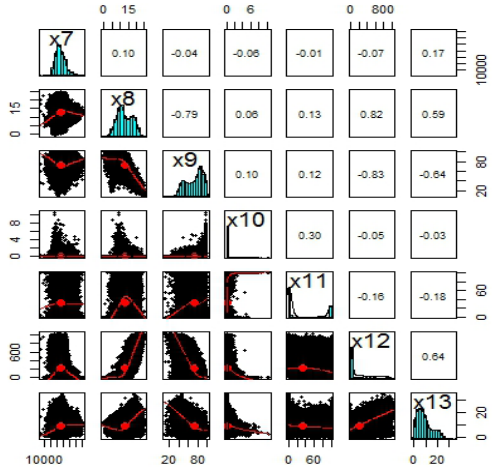


Figura 7 – Correlación de variables.

2.2. Diseño de la arquitectura del modelo de predicción

En la figura 8 muestra la metodología empleada para el diseño de la arquitectura del modelo de predicción de demanda de energía eléctrica.

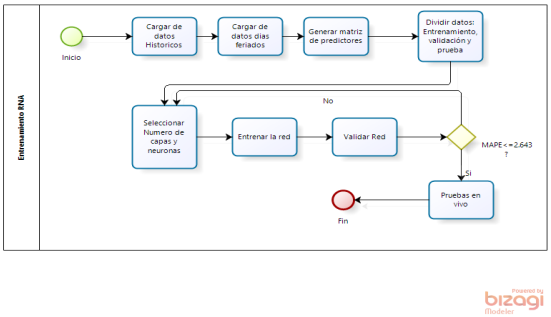


Figura 8 – Metodología para el diseño del Modelo RNA

Para dimensionar el número idóneo de capas ocultas y numero de neuronas se utilizó método de generación dinámica de la topología propuesto (Branch & Valencia, 2006) complementando la técnica planteada por (Ash, 1989), que consiste en la búsqueda dinámica y forzada de los mejores mínimos locales, es decir si el valor está por debajo del valor esperado una nueva neurona es incorporada, pero si el error es cero o muy cercano a cero una neurona será retirada. En función a esto se diseñó un algoritmo en Matlab cuyo algoritmo se describe en la figura 9 con algunas configuraciones especialmente en la selección de la función de entrenamiento.

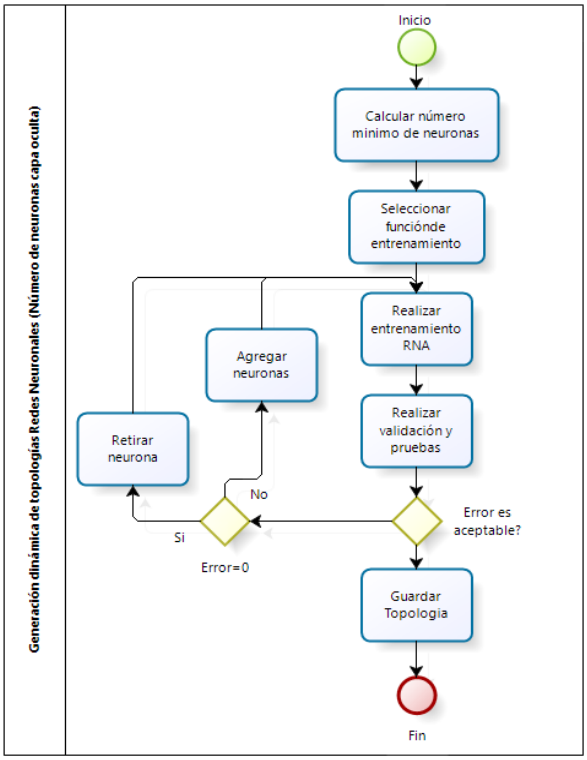


Figura 9 – Algoritmo generación dinámica de topología.

Para el diseño de la arquitectura de red se partió con la arquitectura típica de Perceptrón multicapa que se caracteriza porque tiene sus neuronas agrupadas en capas de diferentes niveles. Cada una de las capas está formada por un conjunto de neuronas y se distinguen tres tipos de capas diferentes: la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida (Pérez, 2013). Por tanto, la arquitectura de la red neuronal FeedForward Backpropagation óptima en función a la generación dinámica de la topología se muestra en la figura 10:

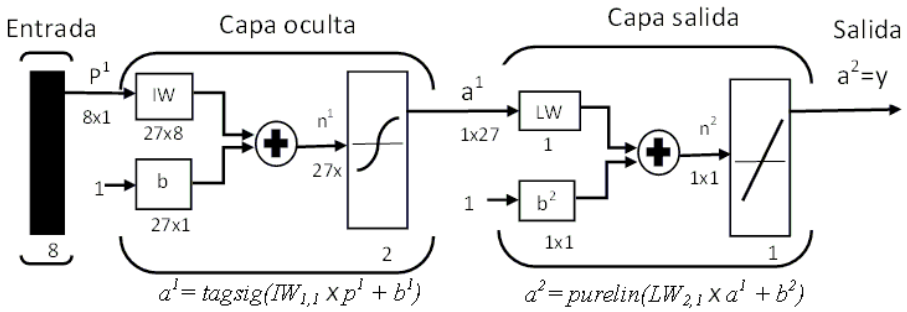


Figura 10 – Arquitectura Red Neuronal

Cuyas características principales son:
8 entradas que corresponde a las variables predictoras
1 capa oculta con 27 neuronas
1 capa de salida que corresponde a la demanda de energía eléctrica pronosticada.
Función de activación capa oculta: Sigmoide (tagsig)
Función de activación capa salida: lineal (purelin)
Función de error: MSE, MAPE.
Función de aprendizaje: Descenso de gradiente con impulsos (learngdm)

2.3. Entrenamiento de la Red Neuronal Artificial

Para el proceso de entrenamiento de la Red Neuronal se consideró el 83% observaciones correspondientes al periodo 2009 – 2015. Es necesario mencionar que solo los conjuntos de datos para entrenamiento fueron sometidos a preprocesamiento. Se utilizó la técnica de gradiente descendente propio del algoritmo de backpropagation, cuyo objetivo es minimizar la función de error encontrando los pesos y bias adecuados.

Se utilizó la herramienta tecnológica Tool Box de Matlab, y a su vez se elaboró un script utilizando comandos para probar paralelamente el modelo con técnicas de optimización de Levenberg-Marquardt, En la figura 11 se puede evidenciar la evolución del aprendizaje de la Red neuronal donde se aprecia el mejor rendimiento en el entrenamiento, es decir converge en 153 interacciones de 159 realizadas, por lo tanto, el entrenamiento es el óptimo para este caso.

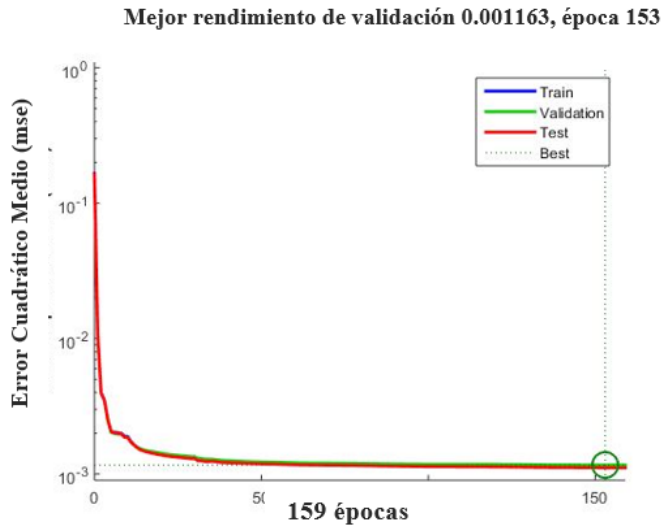


Figura 11 – Evolución de aprendizaje de la Red Neuronal.

Además, en figura 12 se observa el coeficiente de correlación en el entrenamiento de 0,98473, por lo tanto, existe una buena correlación entre las observaciones reales y los valores pronosticados ya que se aproxima a 1.

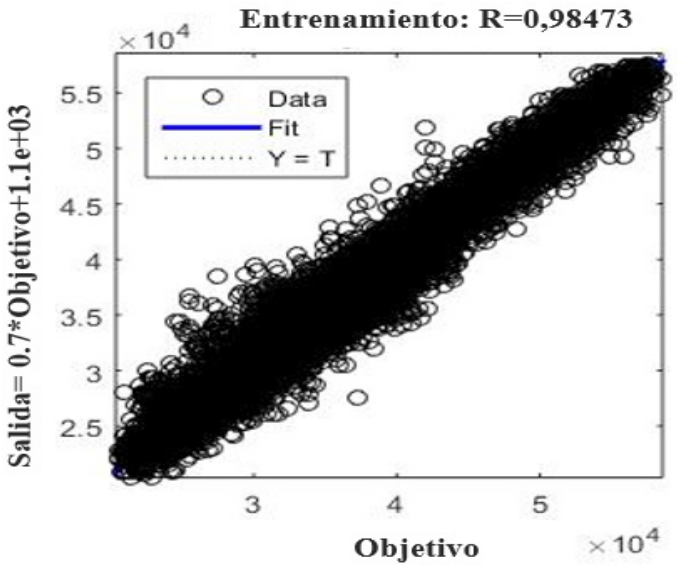


Figura 12 – Correlación en el entrenamiento de la Red Neuronal

2.4.Validación del modelo de predicción

Por último, para determinar la exactitud del modelo en el período de muestra (año 2016) con los resultados de simulación de la redes neuronales se procedió a aplicar las métricas de desempeño denominado Porcentaje de Error Medio Absoluto (MAPE) con la ayuda de la ecuación 1 y coeficiente de correlación de Pearson (r) mediante la ecuación 2, calculados mediante las ecuaciones:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(y'y) - \left[\sum_{i=1}^{n} y'\right]\left[\sum_{i=1}^{n} y\right]}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} y^2 - \left[\sum_{i=1}^{n} y^2\right]\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} y'^2 - \left[\sum_{i=1}^{n} y'^2\right]\right]}} \quad (1)$$

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{y_t' - y_t}{y_t}\right| \quad (2)$$

Donde
n es el número de observaciones consideradas
yt es la demanda real
y't es la demanda estimada por el modelo.

3. Resultados

En este apartado se analiza los resultados obtenidos en las pruebas aplicadas al Modelo de predicción de demanda eléctrica, a corto plazo con redes neuronales y regresión lineal múltiple en los siguientes casos:

- Modelo de pronóstico con datos sin pre-procesar y pre-procesados.
- Modelos de predicción con Redes Neuronales vs. Regresión lineal múltiple.
- Factores que determinan la idoneidad de una técnica de pronóstico.

3.1. Modelo RNA con datos sin pre-procesar y pre-procesados.

Conforme se muestra en la tabla 2 se realizó un análisis y comparación entre diseños de modelos: con datos sin procesar es decir con valores atípicos y perdidos, pre procesados pero sin suavizar, pre procesados y suavizados mediante la técnica de medias móviles del orden 3 (MM3) y por último pre procesados y suavizados mediante la técnica de medias móviles del orden 5 (MM5), donde se evidencia que el preprocesamiento y clasificación de los datos mejora la calidad de la serie de tiempo y consecuente rendimiento del modelo de predicción.

Se observa que existe un mejor rendimiento del modelo trabajado con datos preprocesados, en este caso mejora el rendimiento en aproximadamente el 2%, además el coeficiente de correlación (R) es más próximo a 1, por lo tanto, es de vital importancia diseñar un modelo de predicción con datos preprocesados y de buena calidad, aunque esto signifique utilizar el 60% del tiempo de trabajo en este objetivo

DATOS	MAE (kw-h)	MAPE (%)	RENDIMIENTO (%)	R
Sin Pre-procesar	2099,57	4,81	95,19	0,93737
Pre-procesados sin suavizar	1394,30	3,34	96,66	0,98185
Pre-procesador y suavizados MM3	1308,05	3,17	96,83	0,98221
Pre-procesados suavizados MM5	1085,81	2,63	97,37	0,98555

Tabla 2 – Comparación modelo con datos pre-procesados y sin pro-procesar

3.2. Modelo de predicción con Redes Neuronales vs. Regresión lineal múltiple.

Mediante la tabla 3 se demuestra que modelo de predicción de demanda de enérgica eléctrica basado en la red neuronal Artificial Feedforward Backpropagation tiene el menor error de predicción 2,63%, en comparación con el modelo Regresión lineal múltiple que utiliza la Empresa Eléctrica de 4,56%.

METRICAS	MAPE (%)		Rendimiento (%)		Correlación de Pearson	
MES	RNA	RLM	RNA	RLM	RNA	RLM
Enero	3,27	5,06	96,73	94,94	0,97	0,91
Febrero	2,85	3,84	97,15	96,16	0,97	0,91
Marzo	2,89	4,18	97,11	95,82	0,97	0,94
Abril	2,34	3,36	97,66	96,34	0,98	0,95
Mayo	2,42	3,72	97,58	96,28	0,98	0,95
Junio	2,40	3,66	97,60	96,34	0,98	0,96
Julio	2,43	3,66	97,57	96,34	0,98	0,95
Agosto	2,59	3,70	97,41	96,30	0,98	0,95
Septiembre	2,38	3,72	97,62	96,28	0,98	0,94
Octubre	2,59	6,68	97,41	93,32	0,98	0,82
Noviembre	2,50	6,62	97,50	93,38	0,98	0,80
Diciembre	2,88	6,51	97,12	93,49	0,97	0,84
MEDIA	2,63	4,56	97,37	95,42	0,98	0,91

Tabla 3 – Modelo con Redes Neuronales vs Regresión lineal múltiple

3.3. Determinación de la idoneidad del Modelo de predicción

Para determinar la idoneidad del modelo se tomaron en cuenta la técnica de Coeficientes de autor relación y distribución residual.

Coeficientes de autocorrelación residuales Indican la relación que tiene la serie de tiempo consigo misma, además existe una serie aleatoria para diferentes periodos, es decir que existe correlación entre variables retrasada uno o más periodos consigo misma.

En figura 13 se observa la autocorrelación residual con una confianza de un 95%, cuyos puntos que se encuentran fuera de los límites de la franja roja poseen autocorrelación, por lo tanto, se puede demostrar que existe una buena autocorrelación residual y por lo tanto el modelo cumple con esta característica.

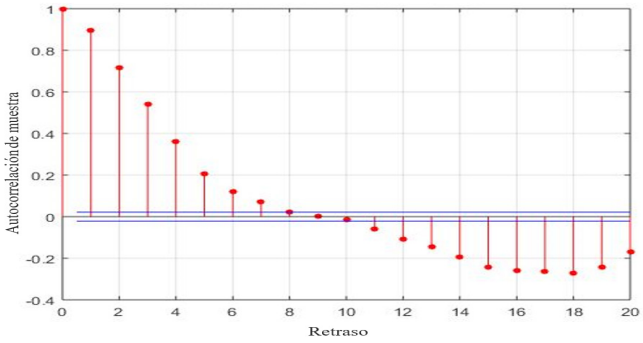


Figura 13 – Autocorrelación residual del Modelo RNA

Distribución residual: El pronosticador es idóneo si el error se distribuye normalmente, para lo cual se analizó el grafico de probabilidad normal.

Por último, en la figura 14 se muestra la distribución normal del residuo del Modelo basado en Redes Neuronales, donde efectivamente se evidencia que existe una buena distribución normal de los residuos formando una campana de GAUSS casi perfecta.

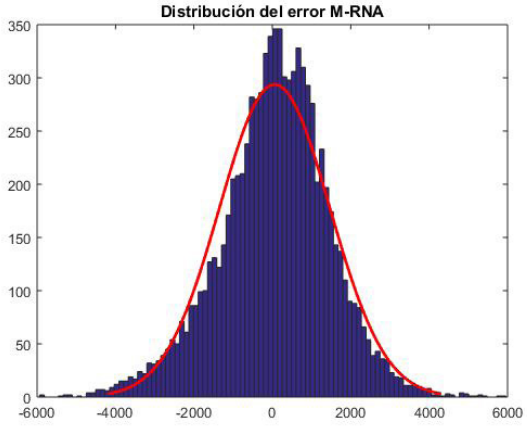


Figura 14 – Distribución residual del Modelo RNA

4. Conclusiones

El porcentaje del error medio absoluto del modelo de predicción de la demanda de energía eléctrica basado en la red neuronal FeedForward Backpropagation fue del 2,63%, frente al 4,56% al generado por la metodología utilizada por la empresa Eléctrica.

Emplear técnicas de pre-procesamiento es de vital importancia si queremos obtener modelo de predicción con un buen rendimiento, aunque esto signifique el empleo del 60% del tiempo del trabajo de investigación.

La selección correcta de las variables predictoras con la ayuda de las herramientas de correlación de variables influyó en el comportamiento de la demanda de energía eléctrica ya que juegan un papel muy importante en los resultados de predicción de la red neuronal.

La revisión de modelos para la predicción de demanda de energía eléctrica utilizados en el país y el mundo permitió determinar falencias en los sistemas de predicción de demanda tradicionales, por lo que se diseñó un modelo de predicción de energía eléctrica basado en redes neuronales más eficiente.

Un posible trabajo futuro que se puede implementar a partir de esta investigación es realizar un modelo de predicción de demanda de energía eléctrica hibrido entre redes neuronales, Algoritmos genéticos y Lógica difusa.

Referencias

Andina, D., & Pham, D. T. (2008). *Computational intelligence: For engineering and manufacturing*. *Computational Intelligence: For Engineering and Manufacturing*. https://doi.org/10.1007/0-387-37452-3

ARCONEL. (2016). Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2016. *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*, *1*, 172.

Ariza Ramírez, A. M. (2013). Métodos Utilizados Para El Pronóstico De Demanda De Energía Eléctrica En Sistemas De Distribución. *Universidad Tecnológica De Pereira. Programa De Ingeniería Eléctrica*, 145. Retrieved from http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3862/1/62131A719.pdf

Bunge, M. (1985). El Planteamineto Científico: Su método y su filosofía. *La Investigación Científica*, 46.

CONELEC. (2013). Estudio y Gestion de la Demanda Electrica. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*, 206. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (Editorial Mc Graw Hil, Ed.), *Editorial Mc Graw Hil* (2014th ed., Vol. 39). México.

Kinnear, T., & Taylor, J. (2007). Investigacion de mercados: un enfoque aplicado. *Terceira Edição*, *67*(6), 14–21. Retrieved from https://books.google.com.pe/books?id=SLmEblVK2OQC&pg=PA301&dq=prueba+piloto&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjR3IGIwO3kAhVPuVkKHT3yAccQ6AEIKDAA#v=onepage&q=prueba piloto&f=false

López, J. J., Goñi, M., San Martín, I., & Erro, J. (2019). Análisis regional de frecuencias de las precipitaciones diarias extremas en Navarra. Elaboración de los mapas de cuantiles. *Ingeniería Del Agua*, *23*(1), 33. https://doi.org/10.4995/ia.2019.10058

Mordjaoui, M., Haddad, S., Medoued, A., & Laouafi, A. (2017). Electric load forecasting by using dynamic neural network. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.03.101

Moreno, A., Armengol, E., Bejar, E., Belanche, L., Cortez, U., Gavalda, R., … Sanchez, M. (1994). *Aprendizaje automático*. Retrieved from https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36157

Santiesteban Velázquez, A., Nápoles González, J. O., Rodríguez Peña, D., & Jaime García, D. (2014). Pronostico De Consumo De Energía Eléctrica Usando Redes Neuronales Artificiales. *Tlateoami*, (16), 19–28. Retrieved from http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm

Tudela, G. N. S. (2011). Análisis y pronóstico de la demanda de potencia eléctrica en Bolivia: una aplicación de redes neuronales. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, (15), 45–77.

Vereba, Torres, E. O. S. (2014). Tratamiento de valores perdidos y atípicos en la aplicación del Modelo Estadístico de Medición de Impacto en un estudio de 90 fincas lecheras en la provincia de Pastaza , Ecuador.

Wang, J., & Zhu, Q. (2015). Short-term Electricity Load Forecast Performance Comparison Based on Four Neural Network Models. *The 27th Chinese Control and Decision Conference (2015 CCDC)*, 2928–2932.

World Energy Council. (2019). World Energy Scenarios 2019. European Regional Perspective. Retrieved from https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-scenarios-2019-european-regional-perspectives

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

Recebido/Submission: 05/09/2019
Aceitação/Acceptance: 28/11/2019

Aprendizaje cooperativo y la Web 2.0. Universidad Técnica de Machala

Eudaldo Enrique Espinoza Freire[1], Nelly Victoria Ley Leyva[2], Verónica Jacqueline Guamán Gómez[3]

eespinoza@utmachala.edu.ec, nley@utb.edu.ec, eimyverito73@hotmail.com,

[1] Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

[2]Universidad Técnica de Babahoyo

[3] Instituto Superior Tecnológico Jubones, Pasaje, Ecuador.

Pages: 520–538

Resumen: Las herramientas de la Web 2.0 son un excelente aliado del trabajo cooperativo; posibilidad que los docentes de la asignatura de Metodología de la Investigación de la Universidad Técnica de Machala (UTMach) emplearon en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este artículo científico responde a un estudio descriptivo con enfoque cuanti-cualitativo, sistematizado mediante los métodos de investigación, fenomenológico, analítico-sintético y estadístico, realizado con el propósito de caracterizar dicho proceso; los resultados develan que se distingue por el reconocimiento de los estudiantes del significado del aprendizaje cooperativo, el correcto cumplimiento de las funciones del docente, la participación activa y responsable de los educandos, el empleo de tecnologías, el desarrollo de competencias para la planificación, el autocontrol, la comunicación asertiva, la escucha activa, el pensamiento crítico y reflexivo, así como por el fomento de valores humanos. Los indicadores de calidad del informe final apuntan a valoraciones de bien y excelente.

Palabras-clave: aprendizaje cooperativo; caracterización; herramientas Web 2.0

Cooperative learning and the Web 2.0. Technical University of Machala

***Abstract*:** Web 2.0 tools are an excellent ally of cooperative work; possibility that teachers of the subject of Research Methodology of the Technical University of Machala (UTMach) used in the teaching-learning process. This scientific article responds to a descriptive study with a quantitative-qualitative approach, systematized by research methods, phenomenological, analytical-synthetic, inductive-deductive and statistical, carried out with the purpose of characterizing said process; The results reveal that it is distinguished by the recognition of the students of the meaning of cooperative learning, the correct fulfillment of the functions of the teacher, the active and responsible participation of the students, the use of technologies, the development of skills for planning, the self-control,

assertive communication, active listening, critical and reflective thinking, as well as for the promotion of human values. The quality indicators of the final report point to assessments of good and excellent.

Keywords: cooperative learning; characterization; Web 2.0 tools

1. Introducción

Desde la segunda mitad del pasado siglo XX la humanidad ha experimentado, como nunca antes en su historia, cambios trascendentales gracias a los avances de la Ciencia y la Tecnología. La comunión de las tecnologías de las telecomunicaciones y la informática constituyeron un hito que trascendió el ámbito tecnológico; dando paso a la aparición de la Web a finales de la década de los años 80, lo que cambio la dinámica de las relaciones sociales.

Evolución que ha continuado hasta nuestros días, gracias a ello hoy es posible hablar de la Web 2.0 y sus herramientas al alcance de la población para los más disímiles usos (Cascales, Martínez & Gomáriz, 2016; Romero & Suárez, 2018).

Estas herramientas también son aprovechadas en los espacios educativos, como nuevas vías de acceder a la información y convertirla en conocimientos. Así vemos su empleo como medios didácticos en apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, dando paso a metodologías activas, como la cooperativa y colaborativa.

Al respecto existen posiciones que diferencian la metodología cooperativa de la colaborativa (Barkley, Cross & Major 2007; Pujolás, 2008; Carrió, Skorczynska & Sole, 2016); en este estudio, dejando al margen esta disquisición, se asume el término cooperativo, desde las aportaciones de ambas posturas, las que persiguen un mismo objetivo, el aprendizaje colectivo mediante formas de interacción de los miembros de un grupo.

Si bien es cierto, que la cooperación entre los seres humanos ha estado ligada a ellos desde su propio surgimiento, como parte del desarrollo social, no se puede desconocer que la aparición de Internet ha contribuido notoriamente al desarrollo de novedosas formas de participación (Harasim, Hiltz, Turoff & Teles, 2000).

Estas formas cooperativas en el ámbito educativo son aprovechadas para la construcción del conocimiento, generando resultados significativos en las esferas cognitiva, procedimental y actitudinal, contribuyendo al desarrollo integral del educando. Son múltiples las investigaciones que así lo demuestran, entre ellas por su significado para el presente estudio, se pueden mencionar los realizados por: Johnson, Johnson y Holubec (1999), Suárez (2010), Benkler (2014), Avello y Duart (2016), Carrió et al. (2016), Cáscales et al. (2016) y, Hernández y Martín de Arriba (2017), quienes desde diferentes metodologías han realizado un acercamiento al concepto de aprendizaje cooperativo, aspecto sobre el cual se reflexiona en el siguiente acápite.

2. Marco teórico referencial

2.1. Aproximación al concepto de aprendizaje cooperativo

Según Suárez (2010) el aprendizaje cooperativo se puede definir como "una estrategia pedagógica que busca garantizar condiciones intersubjetivas de aprendizaje organizando

equipos de estudiantes, de tal forma que al trabajar juntos en torno a metas comunes, todos y cada uno de sus integrantes puedan avanzar a niveles superiores de desarrollo" (p. 61).

De esta definción se deduce que cooperar es más que la simple participación en un grupo, el aprendizaje cooperativo presupone un proceso de construcción colectiva de los saberes, mediante la motivación de los integrantes de un grupo hacia el logro de un propósito común, que trasciende los intereses individuales, bajo la orientación y la coordinación de acciones estratégicas diseñadas por el docente, quien tiene la función de facilitar y estimular el aprendizaje significativo de sus educandos.

Por otro lado, Hernández y Martín de Arriba (2017) consideran el aprendizaje cooperativo un conjunto de métodos, procedimientos y técnicas que facilitan "no solo aprender un determinado concepto, procedimiento o actitud, sino poder hacerlo a través de la colaboración e intercambio de ideas con los demás, lo cual implica la adquisición de otros muchos aprendizajes que permiten una formación más integral del alumnado" (p. 188).

Ambas definiciones apuntan a una metodología basada en la interrelación entre los miembros del grupo que facilita la adquisición de conocimentos, habilidades y valores.

Por su parte, Vázquez, Méndez y Mendoza (2015) concuerdan en que el aprendizaje cooperativo es una construcción conjunta de conocimientos mediada por la interacción de los miembros de un equipo, enfatizando en la participación activa, la responsabilidad individual y colectiva, el diálogo reflexivo y respetuoso, la comunicación y el consenso, como fundamentos, con el fin de alcanzar un objetivo común.

Esta cualidad de interacción en la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes lo convierten en un modelo de aprendizaje interactivo, basado en la teoría constructivista, desde la construcción social del conocimiento, lo que demanda del esfuerzo colectivo, de las habilidades y competencias de todos los integrantes de un equipo en la consecución de una meta previamente consensuada (Revelo, Collazos & Jiménez, 2018).

Del análisis realizado hasta aquí, se puede afirmar que más que una estrategia, método, procedimiento, técnica, constructo o modelo, el aprendizaje cooperativo es una filosofía de trabajo interactivo, que requiere de la responsabilidad, el compromiso, la participación y el respeto a las aportaciones individuales de cada miembro del grupo, guiados por un mismo objetivo, la construcción del conocimiento.

En este empeño, la presencia de las herramientas de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el proceso de enseñanza-aprendizaje representa para el docente un horizonte ilimitado de posibilidades creativas para la implementación del trabajo cooperativo en la búsqueda de la apropiación del conocimiento (Espinoza, Toscano & Torres, 2018).

2.2. Presencia de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el aprendizaje cooperativo

Internet como fenómeno social aporta nuevos espacios para que las personas puedan interactuar, compartir ideas y criterios, pensar en colectividad sobre un determinado asunto; desde esta óptica se ofrece como una oportunidad para el aprendizaje cooperativo en red o de manera presencial con el apoyo de sus herramientas (Benkler, 2014).

La Internet propicia información y la comunicación entre los sujetos, lo que los sistemas educativos pueden aprovechar, concibiendo la red de redes como un entorno educativo de interacción social (Avello & Duart, 2016; Romero & Suárez, 2018).

Hoy en día la Web 2.0 cuenta con diversos recursos, que bien aprovechados por el docente, se convierten en poderosos medios de enseñanza, en los cuales soportar los métodos y procedimientos del proceso docente, entre estos se encuentran el Google. Docs, Blog y Twitter.

El Google Docs es una aplicación dirigida al trabajo cooperativo en Internet que permite la labor de los estudiantes en forma sincrónica o asicrónica, lo que amplía las posibilidades de extender y continuar el proceso de aprendizaje fuera de la clase; contribuyendo al desarrollo de habilidades para el aprendizaje autónomo, tributarias de la capacidad de independencia cognoscitiva (Delgado & Casado, 2012; González, García & Ramírez, 2015).

El Blog es un espacio digital, que facilita la organización del apredizaje; sirve para que el docente sitúe en línea las orientaciones, el calendario, la agenda de trabajo, las guías de actividades, los avisos importantes y otros documentos necesarios para orientar y apoyar la labor de los equipos. Por su parte, el estudiantado lo puede emplear para socializar sus criterios, ideas, opiniones y resultados del trabajo. Toda esta información es recogida en Internet y disponible siempre para el seguimiento de todos los involucrados en el proceso, así como el control por parte del docente (Molina, Jimeno, Pérez, Devís & Villamón, 2013; Espinoza & Ricaldi, 2018).

Twitter es una red de microbloging, de fácil acceso a través de la telefonía móvil, lo que permite la interacción entre los participantes de un proyecto, mediante la comunicación rápida a través de la mensajería (Erstad, Gilje & Arnseth, 2013; González et al., 2015).

Ahora bien, la cooperación en el ámbito educativo no es un atributo meramente tecnológico, se trata ante todo de un proceso pedagógico, que requiere de metodologías que posibiliten la iteracción con propósitos didácticos con el apoyo de medios de enseñanza que faciliten la construcción de los conocimientos de manera cooperativa. Es por ello que, además de los recursos digitales, para promover este tipo de aprendizaje, se necesita determinar las características de los equipos de trabajo en la red; para lo cual, Johnson et al. (1999) refiere las siguientes dimensiones:

- Interdependencia positiva. La meta final del equipo y el rendimiento de cada miembro depende del esfuerzo compartido de todos los integrantes.
- Responsabilidad individual y de equipo. Las tareas del equipo son asumidas como una responsabilidad individual de cada integrante, pero a la vez los demás se hacen responsables de las tareas para lograr los obejtivos comunes.
- Interacción estimuladora. Los integrantes del equipo incentivan el rendimiento de todos mediante actitudes que motiven tanto en el orden personal como colectivo.
- Gestión interna del equipo. Es preciso el diseño y coordinación de las actividades del equipo que garantice el trabajo efectivo de cada miembro y colectivo, a través de un plan donde se establecen las funciones de cada uno de los integrantes.

- Evaluación interna del equipo. Se requiere de la valoración sistemática del funcionamiento interno del grupo, respecto al cumplmiento y nivel de efectividad de las tareas del plan en la consecusión conjunta de los objetivos, lo que posibilita el redireccionamiento del trabajo del equipo en caso necesario.

Como señalan Hernández y Martín de Arriba (2017), la conjugación de las actuales teorías del aprendizaje con las herramientas de las TIC, desde un enfoque sociocultural de los procesos cognitivos, da origen al novedoso paradigma de aprendizaje cooperativo, donde el aprendizaje posee un carácter eminentemente social.

Esta manera de aprender en equipos pemite la aplicación de métodos activos según Pujolás (2008), que entre otros beneficios aportan:

- Relaciones positivas entre los pares.
- Aumento de la motivación por el aprendizaje y la autoestima de los estudiantes.
- Habilidades personales para las relaciones sociales.
- Habilidades para resolver conflictos.
- Fomento del respeto y la tolerancia.
- Fomento de valores como la responsabilidad, colectivismo, organización y compartir tareas.
- Habilidades para la comunicación, el debate y la reflexión y confrontación de ideas.

3. Metodología

Tomando como premisas los aspectos teóricos hasta aquí analizados, se realizó un estudio descriptivo con enfoque cuanti-cualitativo, durante el primer semestre del período académico 2018-2019, con el objetivo de caracterizar el proceso de aprendizaje cooperativo llevado a cabo en la asignatura de "Metodología de Investigación" en el paralelo A, de la carrera de Educación Básica de la UTMach.

La investigación se fundamentó en los métodos de investigación científica, fenomenológico, analítico-sintético y estadístico. Mediante la fenomenología se interpretaron los criterios y opiniones de los estudiantes sobre su experiencia de aprendizaje cooperativo.

A través del método analítico-sintético se estudiaron los textos de los materiales bibliográficos, los que fueron sintetizados para la construcción del marco teórico referencial, la determinación de las categorías de análisis según los criterios de los estudiantes entrevistados y la fundamentación de la discusión de los resultados.

El método estadístico se utilizó en la planificación, recolección, procesamiento y análisis de los datos obtenidos a través de los instrumentos aplicados; los que fueron resumidos en frecuencias absolutas y relativas, y mostrados en tablas y gráficos estadísticos; para comparar los resultados excelentes y buenos con los regulares y malos de los informes finales de los proyectos estudiantiles, se empleó la prueba de comparación de proporciones a un nivel de significación del 5%; este procedimiento se realizó con el auxilio del programa estadístico SPSS versión 21.

De una población de 116 estudiantes del tercer nivel se seleccionaron los 38 del paralelo A, la selección se realizó por asignación, teniendo presente la heterogeneidad del grupo, según variables demográficas (sexo y edad) y aprovechamiento académico. El equipo de investigación estuvo integrado por 3 docentes; el profesor que impartió la docencia en el paralelo y dos que apoyaron todo el proceso investigativo. La experiencia transcurrió por tres momentos o etapas:

Primera etapa. Período de preparación de los participantes (docentes y estudiantes) sobre la metodología cooperativa y el empleo de técnicas y herramientas de la Web 2.0, con énfasis en el Google Docs. Para lo cual, se desarrollaron dos talleres con estudiantes y un seminario con los docentes).

Segunda Etapa. Desarrollo de la experiencia:

- Explicación de los objetivos.
- Organización del trabajo en equipos pequeños y heterogéneos; 7 equipos de 4 miembros y 2 de 5 integrantes; para lo cual se tuvo en consideración los criterios académicos por parte del docente (Rendimiento académico, ritmo de aprendizaje y habilidades en el empleo de las TIC.).
- Planificación de las actividades direccionadas a lograr el funcionamiento interno de cada equipo mediante la participación activa y responsable de cada uno de sus integrantes.
- Asignación de las actividades y tareas cooperativas para la elaboración de la fase escrita del trabajo (Informe final de la investigación estudiantil que desarrolla cada equipo).
- Explicación de la guía de rúbrica para la evaluación del trabajo en la fase escrita.
- Sistematización del empleo de técnicas de aprendizaje cooperativo (lluvias de ideas, debate, mapas mentales, etc.).
- Uso de herramientas de la Web 2.0 (Blog, Google Docs y Twitter).
- El trabajo de los miembros de cada equipo se comparte y discute con el resto.
- Seguimiento y control del trabajo de cada equipo por parte del docente.

Tercera Etapa. Evaluación del impacto de la experiencia a través de la técnica del Focus Group. Esta técnica permitió conocer las opiniones y criterios de los miembros del equipo sobre el proceso de investigación que realizan, de esta manera, se pueden generar nuevas investigaciones para buscar respuestas a las preguntas de los miembros del equipo.

Después de una exhaustiva búsqueda y análisis de instrumentos que permitieran caracterizar el aprendizaje cooperativo virtual, se seleccionó la entrevista abierta validada por González et al. (2015), profesoras del Departamento de Educación de la Facultad de Educación en la Universidad de Cantabria, España, por responder a los objetivos de nuestra experiencia. Esta entrevista está conformada con preguntas no estructuradas orientadas a la búsqueda de información de las siguientes dimensiones:

Las interrogantes anteriores fueron consideradas como preguntas de investigación que guiaron el proceso indagatorio en el cumplimiento del objetivo trazado.

Dimensión	Preguntas
Aprendizaje Cooperativo	1. ¿Qué significa aprender cooperativamente?
	2. ¿Crees que los contenidos, actividades, consignas y recursos de un proyecto han de estar completamente desarrollados por el docente?
	3. ¿Te has arriesgado proponiendo ideas o soluciones trabajando cooperativamente? (¿habrías actuado igual si lo hubieras hecho solo/a? ¿Qué cambia?)
	4. ¿Se puede mejorar el aprendizaje trabajando cooperativamente?
	5. ¿Cuáles son los inconvenientes y posibilidades de trabajar cooperativamente?
Herramientas de la Web 2.0 en el aprendizaje cooperativo virtual	1. ¿Qué rol cumplen las herramientas Web 2.0 en una enseñanza presencial? ¿Y en una no presencial?
	2. ¿Estas herramientas han potenciado vuestra motivación intrínseca hacia el aprendizaje en este proyecto?
	3. ¿Qué herramientas 2.0 han contribuido a desarrollar competencias de pensamiento reflexivo y crítico, habilidades comunicativas, habilidades sociales, autorregulación y autoplanificación?
	4. ¿Qué limitaciones te han condicionado para utilizar las herramientas 2.0 en el proyecto?
	5. ¿Qué destacas positivamente del trabajo cooperativo virtual con las citadas herramientas?

Tabla 1 – Guión Focus Group (Fuente: González et al. (2015, p. 116))

Por otra parte, la efectividad de la experiencia del trabajo cooperativo en la realización del proyecto de investigación por parte de los equipos fue evaluado teniendo en cuenta la calidad del informe final, según los parámetros y escala establecidos en la siguiente guía de orientación, validada por el criterio de 7 expertos, en la cual se recoge además, el proceso de búsqueda de información y el trabajo en equipo realizado.

De esta forma para evaluar el informe final de excelente tenía que tener ocho de los once aspectos evaluados de excelente y los otros tres de bien, entre los excelentes obligatoriamente debían encontrarse el problema, la metodología, los resultados y la discusión. Fueron evaluados de bien aquellos informes que no alcanzaron los parámetros para el excelente, pero tenía todos sus aspectos entre excelentes y bien.

En el caso de los evaluados de regular se tuvo en consideración que sólo tuvieran a lo sumo tres aspectos evaluados de mal, entre los que no estaban incluidos el problema, la metodología, los resultados y la discusión; por último, los casos evaluados de mal resultaron los que tuvieron uno de estos cuatros aspectos evaluados de mal u otros cuatro como mínimo con esta categoría.

Criterios del trabajo	Excelente (9 ó 10 puntos)	Bueno (6 a 8 puntos)	Regular (4 ó 5 puntos)	Mal (0 a 3 puntos)
Introducción	Explica con claridad de qué trata el trabajo, especificando las partes que los componen y describe cada una de ellas, además se plantea el problema a resolver, variables y la justificación.	Presenta una introducción, pero no se refiere concretamente al ensayo, es decir, al qué y al cómo (estado del arte, planteamiento del problema o justificación).	No es clara ni específica el propósito del trabajo (estado del arte, planteamiento del problema o justificación).	Incorrecta elaboración. Incoherencias y errores.
Problema	Demuestra habilidad para construir los postulados del problema en forma clara, con evidencias de los factores contextuales.	Demuestra habilidad para el planteamiento del problema, con parcial profundidad, aunque sin incluir todos los factores contextuales relevantes.	Demuestra una habilidad limitada al definir los planteamientos del problema o los factores contextuales relacionados.	No posee habilidades para definir los planteamientos del problema o los factores contextuales relacionados.
Metodología	Describe, con suficiencia y claridad, los sujetos, el enfoque o diseño de investigación, los métodos y técnicas y los análisis estadísticos y muestra dominio.	Describe, con suficiencia y claridad, los sujetos, el enfoque o diseño de investigación, los métodos y técnicas y los análisis estadísticos, aunque no se muestra un dominio.	La descripción de los sujetos, el enfoque o diseño de investigación, los métodos y técnicas y los análisis estadísticos son limitados.	Incorrecta descripción de los sujetos, el enfoque o diseño de investigación, los métodos y técnicas y los análisis estadísticos son limitados.
Trabajo en equipo	Colaboración, en el trabajo en equipo en donde el alumno participa activamente en las actividades (más del 90%) descritas en el plan del trabajo.	El alumno colaborará con el equipo en 80%-89% de las actividades propuestas en el trabajo.	El alumno colaborará con el equipo de trabajo en un 70%-79% de las actividades requeridas para el trabajo.	El alumno colaborará con el equipo de trabajo en menos del 70% de las actividades requeridas para el trabajo.
Marco Teórico	Aborda adecuadamente las variables de estudio. Desarrollo lógico de cada una de las variables. La redacción del documento facilita entender con claridad y coherencia la información presentada.	Cuenta con información del tema, obtenida de diversas fuentes confiables que fundamentan y guían la investigación, pero las reflexiones a las que se hace referencia no son precisas.	Limitada información del tema obtenida de diversas fuentes como: libros, Internet, periódicos, revistas, y no se incluyen las reflexiones.	Carece de información del tema obtenida de diversas fuentes como: libros, Internet, periódicos, revistas, y no se incluyen las reflexiones.

Criterios del trabajo	Excelente (9 ó 10 puntos)	Bueno (6 a 8 puntos)	Regular (4 ó 5 puntos)	Mal (0 a 3 puntos)
Resultados	Asume una posición con respecto a los hallazgos. El análisis es amplio y profundo, reflejando una diversidad en los matices.	Organiza de forma lógica su análisis, llega a conclusiones argumentativas, pero su posición con respecto a los hallazgos es vaga.	Insuficiente análisis de los datos. Contesta parcialmente la pregunta o hipótesis planteada.	Falencias y superficialidad en el análisis de los datos. La información es presentada de forma confusa.
Discusiones	Los argumentos se plantean de forma lógica y se sustentan en la revisión bibliográfica y en los datos recopilados.	Algunas de las afirmaciones están sustentadas con evidencias, otras no, o no son evidencias representativas principales.	Se esfuerza por plantear un análisis, pero las conclusiones argumentativas son insuficientes.	Los argumentos están errados; no se sustentan con premisas sólidas y convincentes.
Conclusiones	Sintetiza los hallazgos y su posición respecto a ellos. Recapitula las fortalezas y debilidades de la investigación. Aclara cuáles son los espacios para la investigación a futuro en el campo.	En general, las conclusiones se basan en los resultados. Sin embargo, la conclusión es demasiado breve o excesiva. Existen algunas inconsistencias y omisiones.	Los conceptos son imprecisos. Las conclusiones insuficientes o limitadas.	No hay conclusiones altamente relevantes. Las conclusiones no se apoyan en la discusión y los resultados.
Proceso de búsqueda de información	Realizó un proceso creativo, enfocado y flexible de identificación del contenido que se localiza en sus aspectos menos explorados.	Realizó un proceso enfocado y flexible del contenido que se localiza sólo en sus aspectos más relevantes.	Realizó una limitada identificación de información sobre el tema.	Realizó una identificación demasiado amplia y general del tema como para hacer útil y manejable.
Formato APA del documento y redacción	Sigue el formato para la presentación del trabajo en relación a: Tipo de letra Alineación Sangría Espacio entre líneas.	Toma en cuenta algunas recomendaciones para la presentación del trabajo, pero no es totalmente adecuado en algunos puntos.	Se considera el formato para la presentación del trabajo, pero presenta desequilibrio entre las partes que lo componen.	El documento está incompleto; no tiene algunos de los elementos, tiene lagunas conceptuales, de redacción y estructuración.
Referencias Bibliográficas.	Referencias Bibliográficas. El trabajo completo presenta una estructuración correcta de acuerdo con los requerimientos bibliográficos propuestos en las normas APA.	Referencias Bibliográficas. El trabajo presenta referencias bibliográficas de acuerdo a las normas APA con ciertas falencias.	Referencias Bibliográficas. El trabajo presenta algunos de los autores empleados de forma incorrecta.	Referencias Bibliográficas. El trabajo presenta los autores empleados de forma incorrecta y no respeta las normas APA.

Tabla 2 – Rúbrica para evaluación del trabajo en la fase escrita (elaboración propia)

4. Resultados y discusión

4.1. Resultados de la dimensión: Aprendizaje cooperativo

Resultados cuantitativos

Al valorar las respuestas de los estudiantes a cada una de las preguntas de la dimensión "Aprendizaje Cooperativo", desde el orden cuantitativo, se observó que:

1. ¿Qué significa aprender cooperativamente?

   Los 38 (100%) entrevistados otorgan un significado positivo al trabajo cooperativo mediado por los recursos de la Web 2.0. En tal sentido 30 (78,9%) de los alumnos destacaron las aportaciones de esta forma de aprender al desarrollo de habilidades de comunicación entre los miembros del equipo; 36 (94,7%) opinaron que permite el ejercicio reflexivo y crítico, así como desarrolla valores humanos como la solidaridad, la cooperación, el respeto y apoyo entre los pares y la responsabilidad compartida. Resultados que se corresponden con las aportaciones de estudios de González et al. (2015) y Vázquez et al. (2015).

2. ¿Crees que los contenidos, actividades, consignas y recursos de un proyecto han de estar completamente desarrollados por el docente?

   Las respuestas a esta pregunta fueron negativas, los 38 (100%) estudiantes estiman que el docente debe ser gestor del proceso investigativo, servir de guía y estimular el trabajo del equipo, para de esta forma contribuir al desarrollo de las habilidades investigativas de sus alumnos; opinión que se corresponde con los criterios de Molina et al. (2013) y, Espinoza y Ricaldi (2018).

3. ¿Te has arriesgado proponiendo ideas o soluciones trabajando cooperativamente? (¿habrías actuado igual si lo hubieras hecho solo/a? ¿Qué cambia?)

   El 94,7% (36) de los entrevistados respondieron afirmativamente, mientras que los 2 (5,3%) restantes consideraron no estar preparados para hacer aportaciones y dejan la iniciativa a los más aventajados, lo que devela la necesidad de continuar profundizando en los procedimientos seguidos por el docente para motivar la participación de los más rezagados. No obstante, el 100% es del criterio que no hubieran podido actuar mejor de haber trabajado de manera independiente. De igual forma todos coinciden en considerar que esta forma cooperativa cambia la dinámica del proceso de aprendizaje.

4. ¿Se puede mejorar el aprendizaje trabajando cooperativamente?

   El 100% (38) apuestan por esta forma de aprender, pues consideran que aprenden mucho mejor junto a sus pares.

5. ¿Cuáles son los inconvenientes y posibilidades de trabajar cooperativamente?

   El 94,7% (36) de los entrevistados significan entre las posibilidades del trabajo cooperativo en un ambiente digital, el desarrollo de las habilidades para trabajar con las herramientas de la Web 2.0 en la apropiación de los conocimientos y sinergia entre los miembros del equipo; lo que se aviene con los criterios

aportados por Muñoz, Hinojosa y Vega (2016). Entre las limitaciones el 100% señala los insuficientes recursos tecnológicos con que cuentan.

Resultados cualitativos

Mediante la codificación de los resultados obtenidos en la entrevista no estructurada a los estudiantes se identificaron las siguientes categorías, según las dos dimensiones de análisis, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Dimensión	Categoría de análisis
Aprendizaje cooperativo	Significado del aprendizaje cooperativo
	Dirección del docente
	Participación de los estudiantes
	Posibilidades de mejorar el trabajo cooperativo
Herramientas de la Web 2.0 en el aprendizaje cooperativo virtual	Utilidad de las herramientas de la Web. 2.0 para el aprendizaje cooperativo
	Competencias para el trabajo cooperativo desarrolladas mediante el uso de las herramientas Web 2.0
	Beneficios y limitaciones de las herramientas Web 2.0 para el trabajo cooperativo on-line.

Tabla 3 – Categorías de análisis según dimensiones (elaboración propia)

Categoría, significado del aprendizaje cooperativo

Resultó significativo el reconocimiento de los estudiantes de los atributos que caracterizan al aprendizaje cooperativo como el trabajo en equipo debidamente planificado y organizado por el docente con el objetivo de lograr una meta común mediante el compromiso, esfuerzo y responsabilidad compartida entre sus miembros, la reflexión, el debate crítico y respetuoso, así como la motivación entre los pares.

Categoría. Dirección del docente

Las siguientes opiniones resumen el sentir de los estudiantes sobre el rol del docente como guía del proceso de aprendizaje.

> "La presencia del profesor es necesaria e isustituible, es el encargado de la planificación y organización del trabajo en equipos, y de nuestra preparación para este tipo de trabajo" (E23).
>
> "La oportuna intervención y control por parte del profesor nos estimula e incentiva a la realización de las tareas y proyectos, esto puede decidir el resultado final del equipo" (E25).
>
> "El profesor, nos enseñó cómo trabajar en equipos, propiciándonos técnicas de trabajo como la lluvia de ideas, el debate y los mapas mentales. Asimismo, nos adiestró en el empleo de los recursos tecnológicos con los que debíamos trabajar, lo que fue muy útil" (E12).

Categoría. Participación de los estudiantes

La valoración sobre la participación de los estudiantes, se resume en los siguientes criterios, representativos del sentir general:

> "Nunca pensé que compartir con otros compañeros las tareas de aprendizaje me resultaría tan provechoso, cuando lo hacía de manera individual tenía muchas dudas y en ocasiones dejaba sin realizar las tareas; ahora mi compromiso es con todos, al ver que los otros se esfuerzan por el cumplimiento de éstas, me siento responsable por los resultados, lo que motiva a continuar y no renunciar en el empeño" (E31).
>
> "Esta forma de aprender es efectiva, puedo compartir mis dudas con mis compañeros, nunca me siento sólo, esto me estimula y motiva a continuar trabajando por el cumplimiento de las tareas asignadas, pues de mi depende también el resultado de los demás" (E15).
>
> "Esta experiencia resultó fabulosa, lo que más llamaron mi atención fueron las técnicas utilizadas, particularmente el trabajo con los mapas mentales, empleados en la elaboración de los conceptos del marco teórico" (E20).

Categoría. Posibilidades de mejorar el trabajo cooperativo.

Los entrevistados en sentido general reconocen los beneficios del trabajo en equipo, aunque, también identificaron algunos inconvenientes que pueden ser perfeccionados, entre estos el necesario entrenamiento para este tipo de trabajo, en particular los métodos y técnicas a utilizar.

Los resultados de la entrevista, en esta dimensión, se corresponden con los obtenidos por Muñoz, Serrano y Marín (2014), en sus estudios, en los cuales los estudiantes opinaron que la interacción del trabajo en equipos les facilitó la apropiación de conocimientos, habilidades y actitudes; al trabajar con los pares pudieron manifestarse de una manera más abierta, no se sintieron cohibidos al expresar sus ideas y criterios. Las técnicas cooperativas y tecnologías empleadas para el trabajo ayudaron a la cohesión entre los miembros del grupo.

De igual forma, Muñoz et al. (2016) apuntan que los estudiantes en sentido general reconocen las ventajas que ofrecen las técnicas del aprendizaje cooperativo, singnificando los beneficios que reportan no sólo desde el punto de vista cognitivo, sino también, para la comunicación y las relaciones sociales.

4.2. Resultados de la dimensión: Herramientas de la Web 2.0 en el aprendizaje cooperativo virtual.

Resultados cuantitativos

1. ¿Qué rol cumplen las herramientas Web 2.0 en una enseñanza presencial? ¿Y en una no presencial?

El 100% (38) de los discentes consideran que las herramientas Web 2.0 son un potente medio de apoyo no sólo para el trabajo cooperativo, también facilitan las funciones del docente.

2. ¿Estas herramientas han potenciado vuestra motivación intrínseca hacia el aprendizaje en este proyecto?

Al cuantificar las respuestas a esta pregunta se pudieron clasificar según se muestra en el siguiente gráfico.

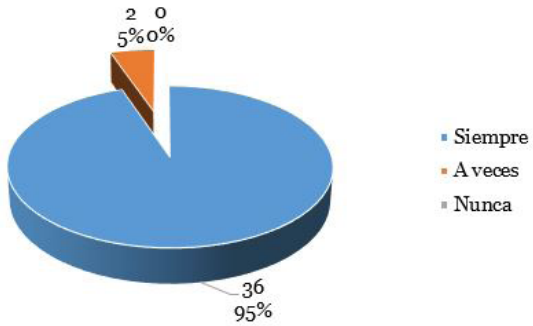


Gráfico 1 – Motivación intríseca
Fuente: Entrevista a estudiantes (elaboración propia)

Como se aprecia 36 estudiantes consideraron que siempre se sienten motivados mientras que el resto, 2 opinaron que a veces; resultados que se corresponden con los criterios de Pujolás (2008) y González et al. (2015), quienes estiman que los ambientes virtuales cooperativos son fuentes de motivación para el aprendizaje significativo.

3. ¿Qué herramientas 2.0 han contribuido a desarrollar competencias de pensamiento reflexivo y crítico, habilidades comunicativas, habilidades sociales, autorregulación y autoplanificación?

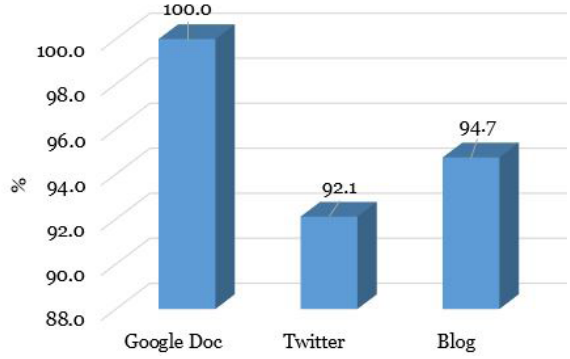


Gráfico 1 – Empleo de herramientas Web 2.0
Fuente: Entrevista a estudiantes (elaboración propia)

Los datos de la gráfica anterior develan el uso de las herramientas Web 2.0, en particular se significa el Google. Doc; es importante destacar el empleo combinado de estos recursos en la consecución de los objetivos de la asignatura Metodología de Investigación.

¿Qué destacas positivamente del trabajo cooperativo virtual con las citadas herramientas?

La siguiente tabla recoge de manera resumida los criterios de los estudiantes sobre los beneficios del trabajo cooperativo soportado en medios tecnológicos.

Beneficios	**Cant.**	**%**
Participación colectiva	38	100.0
Consulta e intercambio entre los pares	36	94.7
Autoevaluación	32	84.2
Motivación	30	78.9
Habilidades comunicativas	28	73.7
Relaciones sociales entre los pares	34	89.5
Desarrollo de valores humanos	35	92.1

Tabla 4 – Beneficios del trabajo cooperativo virtual
Fuente: Entrevista a estudiantes (elaboración propia)

Los estudiantes reconocen las ventajas de este tipo de enseñanza y confieren a la participación colectiva y a la consulta e intercambio entre los pares la mayor significación; lo que denota el conocimiento por parte de los mismos de los atributos del trabajo cooperativo, tal como señalan en sus estudios autores como Pujolás (2008), Muñoz et al. (2014) y Muñoz et al. (2016),

4. ¿Qué limitaciones te han condicionado para utilizar las herramientas 2.0 en el proyecto?

Mediante esta pregunta se pudo determinar que el 100% (38) reconocen como la mayor desventaja del empleo de las herramientas Web 2.0 en el proyecto las limitacioones del Twitter para el análisis de los textos.

Resultados cualitativos

Para el análisis cualitativo de esta dimensión se asumieron las categorías: utilidad de las herramientas de la Web. 2.0, competencias y beneficios, así como las limitaciones de estas herramientas para el trabajo cooperativo on-line, las que se anlizan a continuación.

Categoría. Utilidad de las herramientas de la Web. 2.0 para el aprendizaje cooperativo.

Los entrevistados son del criterio que las herramientas Web 2.0 facilitan el trabajo cooperativo, toda vez que propician la participación colectiva en la solución de las tareas encomendadas, la evacuación de dudas de manera inmediata, la consulta entre los pares, el intercambio de ideas y criterios para favorecer la calidad y efectividad de los resultados.

Estos criterios apuntan a la percepción de funcionalidad, complementariedad, acompañamiento, inmediatez y efectividad, tal como lo valora González et al. (2015) en sus investigaciones.

Categoría. Competencias para el trabajo cooperativo desarrolladas mediante el uso de las herramientas Web 2.0

Las siguientes opiniones de los estudiantes develan el sentir del grupo referente a las competencias desarrolladas respecto a lo medios digitales utilizados.

> "El Google.Doc me ha permitido trabajar de manera simultánea con mis compañeros de equipo en la elaboración del informe final del proyecto; pudimos compartir criterios, reflexionar críticamente sobre las acciones a desarrollar, por ejemplo en la toma de decisiones para la confección de las tablas y gráficos. Por otra parte, pude consultar el Blog varias veces para planificar y controlar el cumplimiento de mis tareas y seguir las orientaciones del profesor" (E5).
>
> "Para trabajar fuera del aula, en la parte que me correspondía del informe, me fue muy útil la comunicación con mis compañeros a través del Twitter, lo que me mantuvo motivado todo el tiempo, para cumplir con mi trabajo y colaborar con los demás. También, pude trabajar de manera compartida en Google.Doc" (E23).
>
> "Considero que para lograr los conocimientos y desarrollar las habilidades necesarias para cumplir con el obejtivo del trabajo es preciso dominar técnicamente las herramientas del Web 2.0, de esta forma, podemos establecer la comunicación entre todos los miembros del equipo, nos ayudamos a comprender las instrucciones, aprendemos a hacer y también nos ayuda a relacionarnos socialmente" (E18).

Al respecto González et al. (2015), estiman que las herramientas Web 2.0 posibilitan el aprendizaje cooperativo en el entorno virtual, toda vez que son fuentes de motivación, sirven para la autoplanificación y el autocontrol, desarrolla la escucha activa y las habilidades comunicativas, lo que contribuye a la empatía y el establecimiento de relaciones sociales positivas, fomenta valores como la solidaridad, la responsabilidad, la crítica constructiva, el colectivismo, la perseverancia, entre otros y favorece el pensamiento crítico y reflexivo, el saber, saber hacer y saber estar.

Categoría. Beneficios y limitaciones de las herramientas Web 2.0 para el trabajo cooperativo on-line

A través del análisis de las categorías anteriores se han ido develando los beneficios de las herramientas Web 2.0 para el trabajo en equipos, tanto desde el punto de vista cognitivo, procedimental como actitudinal; no obstante a estas bondades los discentes también señalaron algunas limitaciones, entre las más significativas se encuentran, las dificultades tecnológicas en el establecimiento de la comunicación y las limitaciones de Twitter en lo relativo a la extensión de los textos, aspectos que debe ser tenidos en consideración para buscar alternativas tecnológicas que permitan perfeccionar la metodología cooperativa que desarrollan los docentes de la asignatura.

Los resultados de las categorías anteriormente analizadas se corresponden con los obtenidos por, Molina et al. (2013), Erstad et al. (2013), González et al. (2015), Cascales et al. (2016) y, Mora y Hooper (2016), quienes desde sus experiencias estiman que las tecnologías son potentes instrumentos que desarrolla las habilidades para el trabajo autónomo y promover competencias útiles para su futura labor como profesionales.

Como colofón del trabajo desplegado durante el semestre, se valoró la calidad del informe final del proyecto desarrollado por cada equipo, resultados que se ofrecen en la tabla 5.

Criterio de evaluación	E	%	B	%	R	%	M	%	z	p	IC	
Introducción	5	55.6	3	33.3	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Problema	4	44.4	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Metodología	3	33.3	4	44.4	2	22.2	0	0	1.886	0.059	0.060	1.051
Trabajo en equipo	5	55.6	4	44.4	0	0.0	0	0	3.320	0.001	0.572	1.205
Marco Teórico	4	44.4	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Resultados	4	55.6	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Discusión	4	44.4	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Conclusiones	4	44.4	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Proceso de búsqueda de información	4	44.4	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179
Formato APA del documento y redacción	4	44.4	2	22.2	3	33.3	0	0	0.943	0.346	-0.213	0.88
Referencias bibliográficas	2	22.2	4	44.4	3	33.3	0	0	0.943	0.346	-0.213	0.88
General	4	44.4	4	44.4	1	11.1	0	0	2.828	0.005	0.376	1.179

Tabla 5 – Resultados del trabajo escrito (Informe final) por equipo (elaboración propia)

Leyenda: E. Excelente; B. Bien; R: Regular; M: Mal; Z: Parámetro; p: error; IC: Intervalo de confianza

Los resultados excelentes y buenos se contrastaron con los de regulares y malos, para lo cual se utilizó la prueba de diferencias de proporciones a un nivel de significación del 5%, al comparar el parámetro Z con el valor de t= 1,96 en todos los casos resultó Z>t, excepto el formato APA del documento y redacción, y las referencias bibliográficas, evidenciándose diferencia significativa entre estos grupos de categorías.

La tendencia a la calidad general del informe escrito estuvo entre buena y excelente (Z=2.828; p=0.005; IC= (0.376; 1.179); lo que puede ser mejorado en aspectos como el uso del formato APA en la elaboración del informe y el cumplimiento de las normas APA para referenciar la bibliografía. Resulta interesante destacar el empleo, durante todo el

tiempo de ejecución de la experiencia, de los recursos tecnológicos tanto en la búsqueda y procesamiento de la información como en el trabajo en equipo en la construcción del discurso escrito. Resultados que se corresponden con las aportaciones de Molina et al. (2013), Avello y Duart (2016), Mora y Hooper (2016) y Espinoza y Ricaldi (2018).

Los resultados de esta investigación descriptiva convocan a profundizar en el asunto a través de nuevos estudios de tipo correlacional para establecer las relaciones entre la estrategia llevada a cabo en el proceso de aprendizaje cooperativo en la asignatura de "Metodología de Investigación" de la carrera de Educación Básica de la UTMach y su impacto en las habilidades investigativas del estudiantado.

5. Conclusiones

Los hallazgos realizados mediante la aplicación de los métodos e instrumentos propuestos revelan que el proceso de aprendizaje cooperativo llevado a cabo en la asignatura de Metodología de la Investigación en el paralelo A de la carrera de Educación Básica de la UTMach, se caracterizó por el reconocimiento, por parte del alumnado, del significado del aprendizaje cooperativo, el correcto cumplimiento de las funciones del docente, la participación activa y responsable de los educandos, el empleo de las herramientas Web 2.0 (Google.Doc, Blog y Twitter), el desarrollo de competencias para la planificación, el autocontrol, la comunicación asertiva, la escucha activa, el pensamiento crítico y reflexivo, así como en el fomento de valores humanos.

Entre las falencias se destacan las dificultades tecnológicas en el establecimiento de la comunicación y las limitaciones de Twitter en lo relativo a la extensión de los textos, inconvenientes que deben ser perfeccionados; además, de continuar sistematizando el entrenamiento del alumnado en técnicas para el trabajo en equipos.

Los indicadores de calidad del informe final de los proyectos apuntan a valoraciones de bien y excelente, que pueden ser mejoradas en rubros como la descripción de los métodos y el empleo del formato y norma APA.

Referencias

Avello, R. & Duart, J. M. (2016). Nuevas tendencias de aprendizaje colaborativo en e-learning: Claves para su implementación efectiva. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 42(1), 271-282. DOI: https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052016000100017

Barkley, E., Cross, P. & Major, C. (2007). T*écnicas de aprendizaje colaborativo. Manual para el profesorado universitario*. Madrid: Morata.

Benkler, Y. (2014). Innovación distribuida y creatividad, trabajo colaborativo y el procomún en una economía en red. En: AA.VV. *Cambio: 19 ensayos fundamentales sobre cómo Internet está cambiando nuestras vidas. Open Mind, BBVA*. Recuperado de: https://www.bbvaopenmind.com/articulo/innovacion-distribuida-y-creatividad-trabajo-colaborativo-y-el-procomun-en-una-economia-en-red/?fullscreen=true

Carrió, M., Skorczynska, H. & Soler, C. (2016). Del trabajo cooperativo al trabajo colaborativo: el rol del líder. Universidad Politécnica de Valencia. *IN-RED 2016*. Doi: http://dx.doi.org/10.4995/INRED2016.2016.4297

Cascales, A., Martínez, M. & Gomáriz, M. (2016). Competencia tecnológica y trabajo colaborativo en las prácticas curriculares del Grado en Pedagogía en la niversidad de Murcia. *Revista de Investigación en Educación,* 14 (1), 31-52

González, N., García, R. & Ramírez, A. (2015). Aprendizaje cooperativo y tutoría entre iguales en entornos virtuales universitarios. *Estudios Pedagógicos*, 41(1), 111-124.

Delgado, V. & Casado, R. (2012). Google Docs: una experiencia de trabajo colaborativo en la Universidad. *Eseñanza & Teaching*, 30(12), 159-180.

Erstad, O., Gilje, O. & Arnseth, H. C. (2013).Vidas de aprendizaje conectadas: jóvenes digitales en espacios escolares y comunitarios. *Comunicar*, (40), 89-98.

Espinoza, E., & Ricaldi, M. (2018). El tutor en los entornos virtuales de aprendizaje. *Revista Universidad y Sociedad*, *10*(3), 201-210.

Espinoza, E., Toscano, D. & Torres, S. (2018). Gestión de las tecnologías de la información; un desafío del ámbito académico universitario en el Siglo XXI. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*.

Harasim, L., Hiltz, S. R., Turoff, M. & Teles, L. (2000). *Redes de aprendizaje. Guía para la enseñanza y el aprendizaje en red*. Barcelona: Gedisa.

Hernández, A. & Martín de Arriba, J. (2017). Concepciones de los docentes no universitarios sobre el aprendizaje colaborativo con TIC. *Educación XX1,* 20(1), 185-208. DOI: 10.5944/educXX1.14473

Johnson, D., Johnson, R. & Holubec, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.

Molina, P., Jimeno, L. A., Pérez, V., Devís, J. & Villamón, M. (2013). Uso de blogs y evaluación continua del aprendizaje del alumnado universitario. *Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa,* (43). Recuperado de: http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec43/

Mora, F. & Hooper, C. (2016). Trabajo colaborativo en ambientes virtuales de aprendizaje: Algunas reflexiones y perspectivas estudiantiles. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal)*, 20(2), 1-26. DOI: http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-2.19

Muñoz, J., Hinojosa, E. & Vega, E.(2016). Opiniones de estudiantes universitarios acerca de la utilización de mapas mentales en dinámicas de aprendizaje cooperative. Estudio comparativo entre la Universidad de Córdoba y La Sapienza. *Perfiles Educativo,s,* 38(153), 136-151.

Muñoz, J., Serrano, R. & Marín, V. (2014). El aprendizaje colaborativo y su desarrollo a través de mapas mentales. Una innovación educativa en la formación inicial docente. *Educatio Siglo XXI*, 32(2),193-212

Pujolás, P. (2008). *El aprendizaje cooperativo*. Barcelona: Graó. OECD (2009). *Annual Report*. Recuperado de: http://goo.gl/s61Dkt.

Revelo, O., Collazos, A. & Jiménez, J. (2018). El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *Tecnológicas*, 21(41), 115-134.

Romero, E. & Suárez, C. (2018). Ciencias Sociales y Humanidades igitales: un enfoque de aprendizaje cooperativo, abierto, público y experimental. En Galina Russell, I., Peña Pimentel, M., Priani Saisó, E.et al(coords), *Humanidades Digitales: recepción, institucionalización y crítica* (pp. 82-121).Ciudad de México: Bonilla Artigas Editores.

Suárez, C. (2010). *Aprendizaje cooperativo como condición de aprendizaje*. Barcelona: UOC.

Vázquez, M., Méndez, J. & Mendoza, F. (2015). Educación inclusiva y aprendizaje colaborativo en el aula: un estudio de la práctica docente universitaria. *Revista Nacional e Internacional de Educación Inclusiva,* 8(3), 171-187.

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), 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, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), 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.

Os associados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aistic@gmail.com

Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aistic@gmail.com



Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: _____

Instituição/Institución: _____

Departamento: _____

Morada/Dirección: _____

Código Postal: _____ Localidade/Localidad: _____

País: _____

Telefone/Teléfono: _____

E-mail: _____ Web: _____

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 35€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: _____

Data/Fecha: __/__/_____ Assinatura/Firma: _____

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies
©AISTI 2020 http://www.aisti.eu

