

COMPUTACIÓN PARA EL DESARROLLO

XV CONGRESO

OBRAS COLECTIVAS
TECNOLOGÍA 35

UAH

Luis Bengochea
Daniel Meziat
Raúl Palma
(Editores)



Computación para el Desarrollo XV Congreso



Red COMPDES

*Luis Bengochea Martínez
Daniel Meziat Luna
Raúl Palma Mendoza
(Editores)*



**Universidad
de Alcalá**

EDITORIAL
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Computación para el Desarrollo – XV Congreso

*Actas del XV Congreso Iberoamericano de Computación para el
Desarrollo (COMPDES 2022)*



**Universidad Nacional Autónoma de Honduras
Tegucigalpa (Honduras)
27 al 29 de julio de 2022**

Editores:

Luis Bengochea Martínez (*Universidad de Alcalá - España*)

Daniel Meziat Luna (*Universidad de Alcalá - España*)

Raúl Palma Mendoza (*Universidad Nacional Autónoma de Honduras*)



El libro “**Computación para el Desarrollo – XV Congreso**” en el que se recogen las Actas del *XV Congreso Iberoamericano de Computación para el Desarrollo (COMPDES2022)*, editado por Luis Bengochea, Daniel Meziat y Raúl Palma Mendoza, se publica bajo licencia Creative Commons 4.0 de reconocimiento – no comercial – compartir bajo la misma licencia. Se permite su copia, distribución y comunicación pública, siempre que se mantenga el reconocimiento de la obra y no se haga uso comercial de ella. Si se transforma o genera una obra derivada, sólo se puede distribuir con licencia idéntica a ésta. alguna de estas condiciones puede no aplicarse, si se obtiene el permiso de los titulares de los derechos de autor.

Editorial Universidad de Alcalá
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares (España)

Junio 2023
ISBN: 978-84-19745-52-1

Edición digital

Fotografía de la portada: “*Edificio Alma Máter y Estatua del Dr. Ramón Rosa, UNAH*”.
(Autor: Dirección de Comunicaciones UNAH).

Los contenidos de esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Universidad de Alcalá, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, ni de ninguna de las instituciones que han colaborado en la organización del congreso.

Organización del Congreso

El congreso está organizado por:

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

La Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) fundada en 1847 es una institución autónoma, laica y estatal de la República de Honduras; es la mayor universidad el país, contando con una matrícula que supera los 90.000 estudiantes en sus diferentes centros. Es la universidad líder del país en la mayoría de los rankings académicos, destaca por sus aportes tecnológicos y de investigación a la sociedad hondureña y extranjera. Es una institución de carácter jurídico, que goza de la potestad de organizar, gestionar y desarrollar la educación superior del país en los niveles de licenciatura, de segunda especialidad y en los grados: bachillerato, maestría y doctoral. Por mandato constitucional, contribuye a la investigación científica, humanística y tecnológica, a la difusión general de la cultura y al estudio y análisis de los problemas nacionales, con el fin de participar en la transformación de la nación. Su mayor sede se ubica en la capital de Honduras, Tegucigalpa, aunque tiene sedes en todos los puntos cardinales del país. [<https://unah.edu.hn/>]

Universidad de Alcalá (España)

Fue fundada en 1499 como avanzada en España de las corrientes renacentistas y humanistas de Europa. Durante los siglos XVI y XVII se convirtió en el gran centro de excelencia académica: en sus aulas enseñaron y estudiaron grandes maestros como Nebrija, Tomás de Villanueva, Ignacio de Loyola, Domingo de Soto, Juan de Mariana, Juan de la Cruz, Lope de Vega, Quevedo, etc. El prestigio de sus estudios, así como de sus maestros y sus constituciones fundacionales, sirvieron como modelo sobre el que se constituyeron las nuevas Universidades en América. En la actualidad es una Universidad moderna de tamaño medio con un Parque Científico y Tecnológico e importantes líneas de investigación, que la convierten en un elemento dinamizador de la actividad en la región y de gran proyección internacional. En 1998 fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. [<https://uah.es/>]

Red COMPDES

Red Universitaria de Computación para el Desarrollo, formada por las siguientes universidades: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – León (UNAN-León), Universidad de El Salvador (UES), Universidad Nacional de Ingeniería – Nicaragua (UNI), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – Managua (UNAN-Managua), Bluefields Indian and Caribbean University (BICU), Tecnológico de Costa Rica (TEC), Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Universidad de Costa Rica (UCR) y Universidad de Alcalá – España (UAH). [<https://compdes.org/>]



Comité Científico

Meziat Luna, Daniel. *Universidad de Alcalá (España)* – Presidente

Aguilera Centeno, Narciso Javier. *Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)*

Alarcos Alcázar, Bernardo. *Universidad de Alcalá (España)*

Arco, José. *Universidad de Alcalá (España)*

Barchino, Roberto. *Universidad de Alcalá (España)*

Bengochea, Luis. *Universidad de Alcalá (España)*

Cabrera-Loayza, Ma. Carmen. *Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)*

Calero, Coral. *Universidad de Castilla-La Mancha (España)*

Carballo Ruiz, Elmer Arturo. *Universidad de El Salvador*

De la Fuente, Pablo. *Universidad de Valladolid (España)*

Díaz, Bladimir. *Universidad de El Salvador*

Domínguez, M^a José. *Universidad de Alcalá (España)*

Fernández del Castillo, José Raúl. *Universidad de Alcalá (España)*

Forero Paez, Nelson Augusto. *Kryptogenesis - IT Security (Colombia)*

García Astete, Margarita. *Universidad de La Serena (Chile)*

García Herraiz, Antonio. *Universidad de Alcalá (España)*

García Peñalvo, Francisco José. *Universidad de Salamanca (España)*

Garita, Cesar. *Instituto Tecnológico de Costa Rica*

González Enríquez, José. *Universidad de Sevilla (España)*

Guasch, Daniel. *Universitat Politècnica de Catalunya (España)*

Gutiérrez, José María. *Universidad de Alcalá (España)*

Gutiérrez-De-Mesa, José-Antonio. *Universidad de Alcalá (España)*

Hernández Ramírez, Oscar Guillermo. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*

Jaillier, Erika. *Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia)*

Llanos, Diego R. *Universidad de Valladolid (España)*

López, Alicia Beatriz. *Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)*

López, José Mario. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*

López Poveda, Anayanci. *Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)*

López Quiroa, Christian Alberto. *Universidad de San Carlos (Guatemala)*

López Villegas, Óscar. *Instituto Tecnológico de Costa Rica*

Mejía, Guillermo. *Universidad de El Salvador*

Munguía-Mena, Marco. *Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)*

Oyarzo, Jaime. *Universidad de Alcalá (España)*

Palma Mendoza, Raúl José. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*

Población, Óscar. *Universidad de Alcalá (España)*

Portillo, Julio. *Universidad de El Salvador*

Prieto, Manuel. *Universidad de Alcalá (España)*

Restrepo Bustamante, Félix Andrés. *Universidad de Alcalá (España)*

Romero-Peláez, Audrey. *Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)*

Sánchez Prieto, Sebastián. *Universidad de Alcalá (España)*

Vegas, Jesús. *Universidad de Valladolid (España)*

Velasco, Juan Ramón. *Universidad de Alcalá (España)*

Vicente Rodríguez, Antonio J. de. *Universidad de Alcalá (España)*



Comité Organizador

Palma Mendoza, Raúl José. *Univ. Nacional Autónoma de Honduras* - Coordinador General

Inestroza Murillo, José Manuel. *Univ. Nacional Autónoma de Honduras* - Subcoordinador

Gross Muñoz, Eduardo Joaquín. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*
Espinoza Hulse, Amelia Argentina. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*
Acosta Girón, Emilson Omar. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*
López Luque, Néstor Adrián. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*
López Castellanos, José Mario P. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*
Hernández Ramírez, Óscar Guilmerno. *Univ. Nacional Autónoma de Honduras*
Amador Pavón, Gelen Fabiola. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*

Comisión permanente Red COMPDES

López Villegas, Óscar *Tecnológico de Costa Rica (Costa Rica)*

Meziat Luna, Daniel *Universidad de Alcalá (España)*

Bengochea Martínez, Luis *Universidad de Alcalá (España)*

Representantes de la Red COMPDES

López Villegas, Oscar. *Tecnológico de Costa Rica* – Presidente

Meziat Luna, Daniel. *Universidad de Alcalá (España)* – Presidente de Honor

Alarcón, Francisco. *Universidad de El Salvador*

Amaya, Luis Eduardo. *Universidad de Costa Rica*

Bárceñas Lezama, Miguel Ángel. *UNAN – León (Nicaragua)*

Bengochea Martínez, Luis. *Universidad de Alcalá (España)*

Carol Hernández, Víctor. *CUNOC-USAC (Guatemala)*

Contreras Mercado, Arnoldo José. *UNAN-León (Nicaragua)*

Chávez Mairena, Luis Eduardo. *Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)*

Chicas, Rudy. *Universidad de El Salvador*

Esquivel Vega, Gaudy. *Tecnológico de Costa Rica*

Gross, Eduardo. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*

Juárez, Nelson. *Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)*

Kerr Taylor, Jacqueline. *Bluefields Indian & Caribbean University (Nicaragua)*

López, Christian. *CUNOC-USAC (Guatemala)*

López, Roy. *Bluefields Indian & Caribbean University (Nicaragua)*

López Poveda, Anayanci. *Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)*

Mejía Quiroz, Álvaro. *UNAN-Managua (Nicaragua)*

Palma Mendoza, Raúl. *Universidad Nacional Autónoma de Honduras*

Portillo, Julio. *Universidad de El Salvador*

Sánchez, José María. *Universidad de El Salvador*

Sierra Pac, Oliver. *CUNOC-USAC (Guatemala)*

Vásquez, Rodrigo. *Universidad de El Salvador*



Prólogo

Un año más, la red de Computación para el Desarrollo (Red COMPDES) entrega en sus manos las memorias del Congreso de Computación para el Desarrollo (COMPDES-2022), en su decimoquinta edición, que en este año 2022 se organizó en modalidad remota, con algunos actos presenciales. La sede escogida fue la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Institución autónoma, fundada en 1847, que se destaca por sus aportaciones científicas y tecnológicas a la sociedad, por medio de la investigación científica, humanística y tecnológica, la difusión general de la cultura y el estudio y análisis de los problemas nacionales.

Estas memorias incluyen los trabajos que superaron el proceso de evaluación por pares realizado por el Comité Científico, formado por 44 profesores de 15 Universidades Iberoamericanas. En total fueron aceptadas 27 ponencias, complementadas con la impartición de 5 talleres y 2 charlas magistrales. Todos los trabajos aquí presentados cuentan con la autorización expresa de sus autores para su publicación en abierto.

El Congreso sigue siendo nuestro espacio académico de confluencia para la investigación, donde profesionales, académicos y estudiantes de Iberoamérica, comparten inquietudes, criterios, publicaciones y avances sobre sus investigaciones y el desarrollo de aplicaciones informáticas que impulsan el desarrollo de los sectores industriales, agropecuarios, de servicios, y de recursos naturales. En este año, hemos concurrido un total de 123 autores de 11 países. Hemos tenido la oportunidad de intercambiar conocimientos en las siguientes líneas temáticas que han orientado en general los trabajos:

- Aplicaciones informáticas: e-health, e-commerce, e-government, e-learning, e-crime, e-environment, e-security, e-safety.
- Información y conocimiento: Data science, Big data, Bases de datos, Minería de datos, Gestión del conocimiento, Inteligencia de negocios, Información geográfica, Web semántica.
- Computación móvil: Dispositivos móviles, Sistemas ubicuos, Computación en la nube y en malla.
- Redes: Redes inalámbricas, Redes de Sensores, Protocolos de comunicación, Redes Celulares.
- Programación de sistemas: Algoritmos, Arquitecturas e Ingeniería de software, Sistemas operativos, Sistemas distribuidos.
- Inteligencia artificial: Sistemas inteligentes, Agentes inteligentes, Sistemas neuro-difusos, Sistemas adaptativos, Robótica, Machine learning, Pattern recognition, Deep learning.
- Computación web: Redes sociales, Crowd sourcing, Web semántica, Búsqueda y recuperación de información.
- Interfaces avanzadas: Visión por computador, Computación gráfica, Realidad virtual, Realidad aumentada e Interacción hombre-máquina.
- Seguridad Informática: Sistemas locales, sistemas web, sistemas en la nube, aplicaciones móviles.
- IOT: Internet de las cosas
- Docencia: Capacitación y formación de recursos humanos en computación.

El Congreso COMPDES-2022 ha sido la continuación de acciones de la Red COMPDES, promoviendo la cooperación entre universidades de Costa Rica (ITCR y UCR), El Salvador (UES), Guatemala (USAC), Honduras (UNAH), Nicaragua (UNAN-León, URACCAN, BICU, UNI-Managua y UNAN-Managua) y España (UAH), y ampliando su radio de acción a otras instituciones de Iberoamérica. Desde nuestro inicio formal en el año 2006, nuestro objetivo principal se mantiene incólume, el contribuir en la mejora del desarrollo de los países centroamericanos, fomentando sinergias de colaboración entre las instituciones, proponiendo el desarrollo de proyectos conjuntos y promoviendo el intercambio de experiencias. La realización del congreso anual constituye una vía para concretizar nuestros ideales concordantes con los fines y principios de las universidades participantes, compartiendo resultados de investigaciones.

La organización del COMPDES-2022 ha contado con la colaboración abnegada de muchas personas, desde autoridades hasta personal de apoyo. Un agradecimiento muy especial para el Dr. Francisco Herrera Alvarado, Rector de UNAH, así como a autoridades, docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, la Asociación de Estudiantes de Ingeniería en Sistemas, y al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería. También para el personal de la Dirección de Comunicación Estratégica UNAH, la Dirección Ejecutiva de Gestión de Tecnología, y la Administración del Palacio de los Deportes. Nos han atendido con esmero y dedicación.

Hemos tenido el apoyo especial del Ing. Eduardo Gross Muñoz, Decano de la Facultad de Ingeniería. También, como miembros del Comité Local, Dr. Raúl Palma Mendoza, M.Sc. José Inestroza Murillo, como coordinador y subcoordinador, respectivamente, trabajando asiduamente en la coordinación logística al frente de un equipo de colaboradores, integrado por Amelia Espinoza Hulse, Emilson Acosta Girón, Néstor López Luque, José López Castellanos, Óscar Hernández Ramírez, y Gelen Amador Pavón. Asimismo, Luis Bengochea Martínez y Daniel Meziat Luna, ambos desde la Universidad de Alcalá, España, han sido baluartes para el desarrollo de este congreso. Para todos y todas, nuestro eterno agradecimiento.

El COMPDES-2022 ha requerido la participación de una serie de actores cuya ausencia habría imposibilitado su realización. Para ellos es justo expresar el muy merecido reconocimiento. A los autores de ponencias y talleres, por su manifiesto interés por enriquecer con su conocimiento y experiencia, constituyéndose en el elemento fundamental y esencial con sus aportaciones y participación en el congreso. A quienes han aceptado el llamado de la organización para presentarse como conferenciantes invitados. A los patrocinadores, que con su imprescindible y generoso apoyo financiero han permitido la realización del congreso. A los miembros del Comité Científico, que con su rigurosa revisión de los trabajos presentados han permitido la selección de aportaciones de calidad para el avance en el conocimiento científico y tecnológico. Todos esos actores han puesto su cuota para que el lector tenga en sus manos los contenidos de esta edición de las memorias del COMPDES-2022.

Tegucigalpa (Honduras), julio de 2022

Oscar López Villegas
Presidente de la Red COMPDES
Tecnológico de Costa Rica
olopez@tec.ac.cr

Índice de Contenidos

Prólogo

Óscar López Villegas

8

Ponencias

Comparativa de algoritmos de aprendizaje profundo para el reconocimiento automático del discurso en español <i>Lester Bográn</i>	13
Arquitectura IoT de robótica para la enseñanza-aprendizaje de tecnologías 4.0 <i>Abel Méndez, Johan Rodriguez y Karina Urbina</i>	22
Cálculo de deflexiones con análisis numérico <i>Pitter Cáceres, Luisa Palencia y Idriss Sandoval</i>	26
Software development: Mobile application for companies affiliated with CANACO <i>Saúl Omouri Reyes Sánchez, Javier Pino Herrera, Patricia Martínez Moreno and José Antonio Vergara Camacho</i>	37
Aplicación de Procesamiento de Imágenes y Análisis de Texto para Detección de Plagio en Reportes de Proyectos <i>Marlly Yuleth Cantú-Charles, Maria Fernanda Coronado-Alejos, Daniela Estefanía Huerta-Vázquez, Annel Fernanda Uresti-Barrón, Marco Aurelio Nuno Maganda and Yahir Hernandez-Mier</i>	45
La Experiencia y percepción estudiantil del software Open Roberta Lab en un curso introductorio de robótica educativa en Costa Rica Un estudio de caso <i>Irene Hernández Ruiz, Carolina Gómez y Luis Alejandro Fallas Carvajal</i>	51
La era del marketing digital en las droguerías de Colombia <i>Carolina Rosa Williams Echeverri, Luz Angela Zorro Zorro and Sonia Janneth Limas Suarez</i>	55
Detección y Visualización de Jugadas en Tablero de Ajedrez mediante Visión por Computadora <i>Froylán Melquiades Wbario Martínez, Axel Issai Alemán Delgado, Danely Michel Vazquez Romo, Marco Aurelio Nuno Maganda, Yahir Hernandez-Mier and Said Polanco-Martagón</i>	65

Diseño de Herramienta TIC para el fortalecimiento de habilidades socioafectivas en estudiantes de básica primaria <i>Karen Viviana Palomino Moreno, Jimena Rojas Calderón, Oscar Leonardo Puentes Luna y María Alejandra Guarnizo Losada</i>	69
Sentiment analysis on the use of smart grids <i>Victor Daniel Gil Vera</i>	73
An Experience of Linking Academy-Industry The Case of the School of Informatics of the National University of Costa Rica <i>Marianella Solano Orias y Irene Hernández Ruiz</i>	78
Propuesta esquemática para la generación de múltiples diseños de tiendas basados en reglas de asociación <i>Andrés Felipe Arboleda Correa y Francisco Javier Moreno Arboleda</i>	86
Minería de datos para determinar la relación entre fuentes de contaminación del aire y enfermedades respiratorias. Un estudio exploratorio desde la percepción ciudadana <i>Pablo Pico-Valencia and José Zamora-Zambrano</i>	94
Una app Android para visitas geolocalizadas al Real Jardín Botánico de Madrid <i>Antonio Sarasa Cabezuelo</i>	101
Diseño de Aplicación para Medición de Situación de Equidad de Género en el Sector Energético <i>Alden José Jirón Zavala, Cristopher Joel Dávila Martínez and Marco Vinicio Sandino Castillo</i>	111
Pensamiento Computacional y Robótica. Formación docente continua desde la educación Inicial hasta el Nivel Medio <i>Alicia Sposetti de Croatto y Eliana Gariboldi</i>	118
Transferencia de aprendizaje de modelos en inglés para el reconocimiento automático del discurso en español <i>Lester Bográn</i>	122
Estrategias de gamificación: Experiencia en el uso de aplicaciones móviles en museos <i>Luis Lujan-Vega y Luis Alberto Lujan-Lopez</i>	129
Simulation of the recharge process for Groundwater using Artificial Neural Networks as an Approximation Method in the Las Sierras Aquifer, Nicaragua <i>Carlos R. Chévez, Freydel Pinell and Alvaro Antonio Mejia Quiroz</i>	138
HEDEAM: Diseño de una Herramienta digital offline para el fomento de la Educación Ambiental <i>Fabio Mauricio Cleves Bastidas, Deicy Carolina Mora Castaño, Francia Helena Vásquez Fonseca, Juan Pablo Flórez Ortiz, Yessika Bolaños Barrera y María Alejandra Guarnizo Losada</i>	149
Portafolio digital de evaluación mixta para favorecer el aprendizaje significativo en educación primaria <i>Mónca Noemí Guzmán Delgadillo y Martha Rocio Conchas Gaytán</i>	159
La comunidad internet: una respuesta en tiempos complejos Un reto para las Universidades de Costa Rica y América Latina <i>Edwin Gerardo Acuña Acuña</i>	169
Sistema de seguridad doméstica basado en IoT <i>Lucía Rodríguez-Pérez, Sergio de-la-Mata-Moratilla y Ana Castillo-Martinez</i>	180
El juego como actividad estructurante en el aprendizaje de la programación <i>Alejandro Miños y Rodrigo Herrera</i>	188

SAP: El castillo mágico	192
<i>Jhoan Rojas, Angye Vallejo, Pitter Cáceres y Idriss Sandoval</i>	

Conferencia Invitada

Affective computing: análisis de emociones para una mejor experiencia de usuario	196
<i>Enrique Hortal</i>	

Taller

La programación visual una alternativa motivadora para aprender a programar	202
<i>Irene Hernández Ruiz y Carolina Gómez</i>	

Comparativa de algoritmos de aprendizaje profundo para el reconocimiento automático del discurso en español

Comparison of deep learning algorithms for automatic speech recognition in Spanish

Lester Yonabel Bográn Ortiz
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
lesterbogran@gmail.com

Resumen — El reconocimiento del discurso o reconocimiento automático del habla, ha sido un área de investigación intensiva durante décadas. Tiene como objetivo permitir la interacción natural entre humanos y máquinas es por esta razón que en este trabajo se presenta una comparativa entre dos algoritmos de generación de modelos de reconocimiento automático del discurso: (1) Coqui STT un trabajo derivado de Mozilla DeepSpeech y (2) NVIDIA NeMo el cual es un conjunto de herramientas de inteligencia artificial conversacional creado por NVIDIA. Ambos algoritmos fueron utilizados para generar un modelo de reconocimiento del discurso hablado utilizando como conjunto de datos Mozilla Common Voice en español el cuál recopila más de 600 horas en su versión 7.0 para este idioma. Los resultados de este trabajo muestran que en un entrenamiento desde cero Coqui STT puede llegar a proporcionar transcripciones con menos errores que NVIDIA NeMo aunque con un mayor tiempo de entrenamiento.

Palabras clave; *Procesamiento del lenguaje natural; Reconocimiento automático del habla; Aprendizaje profundo.*

Abstract — Speech recognition, or automatic speech recognition, has been an area of intensive research for decades. Its objective is to allow natural interaction between humans and machines. For this reason, this paper presents a comparison between two algorithms for generating automatic speech recognition models: (1) Coqui STT, a work derived from Mozilla DeepSpeech and (2) NVIDIA NeMo which is a set of conversational artificial intelligence tools created by NVIDIA. Both algorithms were used to generate a speech recognition model using Mozilla Common Voice in Spanish as a dataset, which collects more than 600 hours in its version 7.0 for this language. The results of this work show that in a training from scratch Coqui STT can provide transcripts with fewer errors than NVIDIA NeMo although with a longer training time.

Keywords; *Natural Language Processing; Automatic speech recognition; Deep learning.*

I. INTRODUCCIÓN

Durante décadas el reconocimiento del discurso o reconocimiento automático del habla (Automatic Speech Recognition ASR) ha sido un área de investigación intensiva. Tiene como objetivo permitir la interacción natural entre humanos y máquinas. Existen muchas tecnologías centrales que han abordado este tema desde diferentes enfoques, tales como modelos de mezcla gaussiana (Gaussian Mixture Models GMM), modelos de Markov ocultos (Hidden Markov Models HMM), Coeficientes Cepstrales en las Frecuencias de Mel (Mel Frequency Cepstral Coefficients MFCC), modelos de lenguaje ngram (LM) y los derivados de estos modelos, entre otros [1].

Estos métodos son considerados como modelos acústicos convencionales y han significado un gran avance para el estado del arte en ASR, a pesar de eso la década que inició el nuevo milenio tuvo un progreso lento, no obstante, en los últimos años, se ha podido observar un nuevo aumento de interés en ASR. Este interés fue impulsado por el aumento de la demanda de ASR en los dispositivos móviles y el éxito de las nuevas aplicaciones de voz en el mundo móvil, como la búsqueda por voz (Voice Search, VS), el dictado de mensajes cortos (Short Message Dictation, SMD) y los asistentes de voz virtuales (p. Ej., Siri de Apple, Google Now y Cortana de Microsoft). Igualmente, importante es el desarrollo de técnicas de aprendizaje profundo en reconocimiento de voz continuo de vocabulario extenso (Large Vocabulary Continuous Speech Recognition LVCSR) impulsado por big data y una capacidad informática significativamente mayor.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Antecedentes

Como una rama de la inteligencia artificial, el procesamiento del lenguaje natural contempla diferentes áreas de estudio, con el fin de desarrollar mecanismos que permitan a las máquinas entender el lenguaje humano [2]. Una de estas áreas de estudio es el reconocimiento automático de la voz o discurso hablado (ASR) el cual permite habilitar y mejorar interacciones Humano-computadora [1]. El que una computadora pueda llegar a ser capaz de entender y comunicarse con humano es algo que ha intrigado a ingenieros y científicos durante mucho tiempo. El reto del reconocimiento automática del habla ha sido abordado de progresiva desde que Homer Dudley, en 1930 un modelo de análisis y síntesis del habla [3] pasando por un simple detector de sonidos hasta llegar a la generación de complejos modelos capaces de responder al lenguaje natural hablado con fluides.

Los sistemas de ASR pueden considerarse como discretos o continuos, dependientes o independientes del hablante [4]. Los sistemas discretos utilizan modelos acústicos separados para cada palabra, combinación de palabras o frases, lo que se denomina reconocimiento de voz de palabra aislada (isolated word speech recognition, ISR). Por otro lado, los sistemas de reconocimiento continuo de voz son capaces de responder a un usuario que pronuncia palabras u oraciones presentados en serie en un orden específico. Se dice que estos sistemas son dependientes del hablante cuando es el usuario el que registra un ejemplo de palabra u oración que desea que el sistema reconozca, es decir el usuario está entrenando el sistema. Un sistema independiente del hablante no requiere de ningún ejemplo previo por parte del usuario para que este pueda ser utilizado. Por lo anterior es evidente que los sistemas dependientes del hablante son más simples de construir y más precisos que los sistemas independientes del hablante. Por su parte los sistemas independientes del hablante se vuelven más complejos si se incluyen factores como la velocidad del hablante, fuerza de entonación, entre otros. Para abordar esta variabilidad intrínseca del habla se han propuesto diferentes técnicas de ASR, con el fin de mejorar precisión y robustez del análisis y modelado de estos sistemas [5].

En ASR, el modelado es una parte esencial del mismo, tanto el modelado del lenguaje como el modelado acústico. Dentro de estos modelos se pueden encontrar referentes como modelos de mezcla gaussiana (Gaussian Mixture Models GMM), modelos de Markov ocultos (Hidden Markov Models HMM), Coeficientes Cepstrales en las Frecuencias de Mel (Mel Frequency Cepstral Coefficients MFCC) entre muchos otros [1]. Estos modelos considerados como métodos convencionales supusieron un gran avance en el reconocimiento automático de la voz. Es a finales de la década de 1980 que se empieza a utilizar las redes neuronales para tareas relacionadas con tareas de ASR como el reconocimiento de fonemas [6]. Las redes neuronales pueden llegar a superar los resultados proporcionados por los modelos ocultos de Markov tal como se muestra en [7]. En los siguientes apartados se realiza una breve revisión de estos métodos.

B. Modelos convencionales

Tal como se mencionó en el apartado anterior, antes de la inclusión de las redes neuronales, algunos de los métodos más utilizados fueron los modelos de mezcla gaussiana (GMM), modelos de Markov ocultos (HMM) y los coeficientes cepstrales en frecuencias de Mel (MFCC). GMM es un modelo estadístico para características de voz basadas en el espectro de Fourier que juega un papel importante en el modelado acústico de sistemas de reconocimiento de voz convencionales entre las ventajas que tiene que se encuentra la forma fácil de usarlos para ajustar los datos de una amplia gama de características de voz utilizando el algoritmo Esperanza-Maximización (EM). [8].

Los Modelos de Markov Oculto han sido uno de los métodos predominantes para el reconocimiento de voz principalmente por la facilidad y disponibilidad de algoritmos de entrenamiento para estimar los parámetros de los modelos a partir de conjuntos finitos de entrenamiento de datos de voz; la flexibilidad del sistema de reconocimiento resultante en el que se puede cambiar fácilmente el tamaño, el tipo o la arquitectura de los modelos para adaptarlos a palabras y sonidos particulares, etc. [9].

La Deformación de tiempo dinámica o DTW (por sus siglas en inglés Dynamic Time Warping), es un algoritmo introducido en los años 60 y explorado ampliamente en la década de los 1970 mediante su implementación en aplicaciones de reconocimiento de la voz, escritura a mano y coincidencia de firmas en

línea, reconocimiento de gestos entre otras. Este algoritmo se ganó su popularidad por ser extremadamente eficiente como medida de similitud de series temporales que minimizan los efectos del desplazamiento y distorsión en el tiempo al permitir la transformación “elástica” de series de temporales para detectar formas similares con diferentes fases [10].

C. Redes neuronales y aprendizaje profundo

Las Redes Neuronales artificiales son un tipo de modelos no lineales capaces de aprender de los datos. Estas redes se han aplicado en muchas áreas donde tradicionalmente se emplean métodos estadísticos [11]. Las redes neuronales pueden llegar a superar los resultados proporcionados por los modelos ocultos de Markov [7]. Es por estas razones que las redes neuronales artificiales (Artificial Neuronal Networks, ANN) han recibido mucha atención en muchos campos de la ingeniería y la ciencia entre ellos el reconocimiento automático del habla [10].

El aprendizaje profundo es a una clase de técnicas de aprendizaje automático, donde muchas capas de etapas de procesamiento de información en arquitecturas jerárquicas se explotan para el aprendizaje de características no supervisado y para la clasificación de patrones. Desde 2006, se ha demostrado el éxito del aprendizaje profundo en diversas como, reconocimiento fonético, búsqueda de voz, reconocimiento de voz espontáneo, codificación de características de voz e imagen, clasificación de enunciados semánticos, reconocimiento de escritura a mano, procesamiento de audio, entre otros [12].

Las redes neuronales recurrentes (RNN) son un modelo poderoso para datos secuenciales. El entrenamiento de estas redes es posible gracias a métodos de entrenamiento de extremo a extremo o clasificación temporal conexional. Aunque estos modelos han demostrado que en el reconocimiento de la escritura en cursiva son muy buenos, en lo que se refiere el rendimiento de RNN en el reconocimiento de voz, aún hay trabajo por delante teniendo mejores resultados con redes neuronales profunda. Sin embargo, trabajos como el de Graves, Mohamed y Hinton en [13] han demostrado que las RNN tienen mucho futuro en este campo.

D. Reconocimiento de voz automático de extremo a extremo

El reconocimiento de voz de extremo a extremo (End-to-end automatic speech recognition) es un área activa de investigación, que muestra resultados convincentes cuando se usa para volver a calificar las salidas de un DNN-HMM y de forma independiente. En este campo existen trabajos muy interesantes como Deep Speech 2 que se acercan o superan la precisión de los trabajadores humanos de Amazon inicialmente desarrollado para inglés y mandarín, pero puede funcionar con varios idiomas con pocas modificaciones [14].

E. Herramientas para ASR

En los apartados anteriores se abordaron diferentes métodos y técnicas de ASR, en la actualidad existen diversas herramientas que implementan estos métodos y técnicas como CMU Sphinx [15], Kaldi [16], Julius [17], Mozilla DeepSpeech [18], NVIDIA NeMo [19], Coqui STT [20], entre muchos otros más, así como posibles derivados de cada uno de esto.

El sistema Sphinx ha sido desarrollado en la Universidad Carnegie Mellon (CMU). Actualmente, "CMU Sphinx tiene un gran vocabulario, una base de código de reconocimiento de voz independiente del hablante, y su código está disponible para descargar y usar".[15]

Kaldi es un conjunto de herramientas gratuito y de código abierto diseñado para la investigación del reconocimiento de voz. Proporciona un sistema de reconocimiento de voz basado en transductores de estado finito, junto con documentación detallada y scripts para construir sistemas de reconocimiento completos. Kaldi está escrito en C y la biblioteca central admite el modelado de tamaños arbitrarios de contexto fonético, modelado acústico con modelos de mezcla gaussiana subespaciales (SGMM), así como modelos de mezcla gaussiana estándar.[16]

Julius es un sistema de reconocimiento de voz de gran vocabulario de código abierto que se utiliza tanto para la investigación académica como para aplicaciones industriales. Ejecuta el reconocimiento de voz en tiempo real de una tarea de dictado de 60 000 palabras en PC de baja especificación que ocupan poco espacio, e incluso en dispositivos integrados. Julius admite modelos de lenguaje estándar, como el modelo estadístico N-gram y las gramáticas basadas en reglas, así como el modelo oculto de Markov (HMM) como modelo acústico. [17].

Mozilla DeepSpeech un conjunto de herramientas basadas en el trabajo de investigación de Baidu [18], Deep speech el cual es un sistema de reconocimiento de voz de última generación desarrollado utilizando aprendizaje profundo de extremo a extremo. Según sus autores, la arquitectura de este sistema es significativamente más simple que los sistemas de voz tradicionales. Este es un sistema de entrenamiento RNN bien optimizado que utiliza múltiples GPU [21].

NVIDIA NeMo (Neuronal Modules) es un conjunto de herramientas que trabaja con el lenguaje de programación Python para crear aplicaciones de IA a través de la reutilización, la abstracción y la

composición. Este kit de herramientas viene con colecciones de módulos ampliables prediseñados para el reconocimiento automático de voz y el procesamiento del lenguaje natural. NeMo proporciona soporte integrado para entrenamiento distribuido y precisión mixta en las GPU NVIDIA más recientes [19].

Coqui STT es un conjunto de herramientas de reconocimiento automático que utiliza aprendizaje profundo para desplegar modelo de voz a texto. Es una herramienta open source [20] que al igual que Mozilla DeepSpeech implementa el algoritmo deepspeech. Coqui STT cuenta con un soporte activo y frecuente.

F. Corpus para ASR

Los corpus son el conjunto de datos utilizados para entrenar los modelos de ASR. Estos conjuntos están conformados por una gran cantidad de archivos de audio donde se pronuncia una frase u oración corta. Para el idioma inglés existen varios corpus para ASR como LibriSpeech o LibriVox [22]. También existen otros corpus que incorporan audios en diferentes idiomas como VoxForge [23] o Mozilla Common Voice [24] este último siendo uno de los más completos que se pueden encontrar. Librispeech es un corpus de habla inglesa leída, adecuado para entrenar y evaluar sistemas de reconocimiento de voz. Este corpus LibriSpeech se deriva de audiolibros que forman parte del proyecto LibriVox y contiene 1000 horas de voz muestreadas a 16 kHz.[22]. El corpus Common Voice es una colección masiva de audios de voz multilingüe transcrita destinada a la investigación y el desarrollo de tecnologías de ASR. Common Voice está diseñado para fines de reconocimiento automático de voz, pero puede ser útil en otros dominios (por ejemplo, identificación de idioma) [24].

G. Trabajos relacionados

Al existir varias herramientas que proveen distintas soluciones a un mismo problema, es inevitable el realizar comparativas para determinar cuál es más adecuada para un problema en concreto, tal como se muestra en [15], en donde se realiza una comparativa entre CMU Sphinx y las soluciones propuestas por Google y Microsoft, en donde apease de los buenos resultados generados por las 3 herramientas, es el API de Google el que proporciona los mejores resultados; o trabajos como [25] en donde se compara Julius, CMU Sphinx, Kaldi y otras herramientas en el cual se demuestra que Kaldi proporciona los mejores resultados. Lo anterior es solo una muestra de lo relevante que puede resultar las comparativas entre las diferentes herramientas de ASR.

III. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

A. Objetivo General

El objetivo de este trabajo es realizar una comparativa de herramientas de ASR para determinar cuál proporciona mejores resultados al momento de crear un modelo de ASR para el idioma español.

B. Objetivos específicos

En cuanto al uso de las unidades:

- Utilizar herramientas de ASR para generar un modelo en español utilizando Mozilla DeepSpeech
- Evaluar los resultados proporcionados por las diferentes herramientas de ASR
- Comparar los resultados de las diferentes herramientas de ASR
- Identificar la herramienta de ASR más adecuada según los resultados obtenidos

C. Metodología de trabajo

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, se utilizó una metodología de trabajo dividida en 4 fases:

- Fase 1: Preparación. En esta fase se obtuvo y configuró las herramientas de ASR a utilizar, así como se obtuvo y preparó el corpus con el que se realizaron los entrenamientos de los modelos. Esta fase ayudó a completar el primer objetivo de este trabajo.
- Fase 2: Ejecución. En esta fase se realizaron los entrenamientos de los modelos con las diferentes herramientas de ASR. Al finalizar esta fase se completó el primer objetivo de este trabajo
- Fase 3: Análisis de los resultados individuales. En esta fase se revisaron los resultados que proporcionó cada una de las herramientas de ASR esto permitió completar el segundo objetivo planteado.
- Fase 4: Comparación y resolución. En esta fase se compararon los resultados obtenidos por cada herramienta de ASR utilizada y se concluyó cuál es la herramienta más indicada para generar el modelo de ASR para el idioma español. Con la culminación de esta fase se consiguieron el tercer y cuarto objetivo propuestos en este trabajo.

IV. CONTRIBUCIÓN

A. Métricas

En este apartado se describen las características de la comparativa, así como el desarrollo de esta. En esta comparativa se evaluó el tiempo de entrenamiento y la tasa de error de palabra (Word Error Rate, WER). En el caso del tiempo de entrenamiento, se midió cuanto tardó cada herramienta de realizar un entrenamiento con una configuración básica de parámetros utilizando el corpus completo. En cuanto a la tasa de error de palabra, esta medida se utilizó para determinar qué tan bueno fue el modelo resultante. Entre más bajo sea este valor mejor es el modelo resultante [26].

B. Implementación de los algoritmos

El objetivo principal de este trabajo es determinar cuál de las herramientas de ASR que utilizan redes neuronales profundas tiene mejor desempeño al momento de entrenar una red para crear un modelo de ASR para el idioma español. En este trabajo se pusieron a prueba dos herramientas de ASR: (1) Coqui STT en su versión 1.0.0 y (2) NVIDIA NeMo en su versión 1.4.0. Ambas son herramientas que trabajan con el lenguaje de programación Python, sin embargo, requieren de librerías y frameworks diferentes. La versión utilizada de Python fue la 3.7. Para trabajar con Coqui STT es necesario utilizar el framework TensorFlow 1.15.4 mientras que para NVIDIA NeMo se utilizó el framework pytorch 1.10.1. La instalación y configuración de ambas herramientas se realizó de acuerdo con la documentación oficial de estas. Se utilizaron estas dos herramientas porque trabajan adecuadamente con el conjunto de datos que se utilizó para el entrenamiento y su integración con tarjetas gráficas NVIDIA.

C. Corpus

Como conjunto de datos para el entrenamiento se utilizó el corpus Mozilla Common Voice, concretamente la versión 7.0 que cuenta con un total de 683 horas de audio en español de los cuales 377 esta validadas [27]. Dado que este los audios de este corpus están almacenados en formato MP3. Es necesario hacer una conversión previa de los archivos al formato WAV para que pueda ser utilizado por las herramientas de ASR. Para esto Coqui STT ya incluye una herramienta que permite hacer esta conversión sin mayor problema. La metainformación de los archivos de audio, como la transcripción o la duración está contenida en archivos con formato CSV, Coqui STT Trabaja con este formato, sin embargo, para trabajar con NVIDIA NeMo es necesario hacer una conversión a una estructura JSON. La principal razón de utilizar este dataset es que es uno de los conjuntos de datos de audio en español más completos y también se actualiza constantemente.

V. RESULTADOS

A. Tiempos de Coqui STT

En cuanto a los tiempos de entrenamiento, cada uno de los ciclos de entrenamiento con todo el dataset o épocas (epochs) de entrenamiento duraban cerca de 18 horas utilizando el corpus completo, por lo que realizar las 25 epochs que aparecen la documentación oficial implicaría que el entrenamiento duraría alrededor de 18.75 días, por lo que para el entrenamiento con Coqui STT únicamente se realizó un entrenamiento de 5 epochs con una duración total de entrenamiento de 90 horas (3.75 días).

B. Tasa de error de palabra de Coqui STT

Después de realizar el entrenamiento del modelo con Coqui STT se seleccionaron de forma aleatoria 10 archivos de audio y para que el modelo intentara realizar la transcripción. Los resultados fueron variados, desde transcripciones perfectas, es decir un WER de 0, hasta transcripciones bastante malas con un WER bastante alto de 3. En la tabla I se pueden apreciar los resultados de esta prueba.

TABLA I MEJORES TASA DE ERROR DE PALABRA DE COQUI STT

Archivo	Fuente	Transcripción de Coqui	WER
common_voice_es_19607133.wav	una logia de los paises bajos todavia lleva su nombre	una logia de los paises bajos todavia lleva su nombre	0.000
common_voice_es_19671270.wav	la nave es de mamposteria caliza	la nave es de mamposteria caliza	0.000
common_voice_es_19958370.wav	sitio oficial peixonautauolcombr	sitio ficial eisonaota p ol p con pno de rr	3.000
common_voice_es_20242223.wav	en atraccion mediatica	en atraccion mediatica	0.000
common_voice_es_21773587.wav	de hecho	de hecho	0.000
common_voice_es_21879447.wav	fortalecimiento institucional	orterlecimientos de tus emas e	2.500
common_voice_es_21962058.wav	seis	se i ei	3.000
common_voice_es_21996988.wav	no	no	0.000

<i>Archivo</i>	<i>Fuente</i>	<i>Transcripción de Coqui</i>	<i>WER</i>
common_voice_es_22036789.wav	siete	si eti	2.000
common_voice_es_22210664.wav	marks inc	varkx y en efe deja	2.500

C. Tiempos de NVIDIA NeMo

Cada epoch del entrenamiento del modelo con NVIDIA NeMo tardó 1 hora con 14 minutos lo que dio un total de 6.16 horas de entrenamiento en 5 epochs.

D. Tasa de error de palabra de NVIDIA NeMo

Al finalizar el entrenamiento del modelo con NVIDIA NeMo se utilizaron los mismos archivos de audio seleccionado para probar el modelo de Coqui STT. El modelo resultante no fue capaz de realizar correctamente ninguna de las transcripciones. El mejor de sus resultados es un WER de 0.667 mientras que el peor de los WER es de 2.667. Los resultados de esta prueba se pueden ver en la tabla II.

TABLA II MEJORES TASA DE ERROR DE PALABRA DE NVIDIA NeMo

<i>Archivo</i>	<i>Fuente</i>	<i>Transcripción de NeMo</i>	<i>WER</i>
common_voice_es_19607133.wav	una logia de los paises bajos todavia lleva su nombre	una logia elos pases bajostodabialleva sunombre	0.800
common_voice_es_19671270.wav	la nave es de mamposteria caliza	lanade es deman poste riacalisa	0.833
common_voice_es_19958370.wav	sitio oficial peixonautaulcombr	fitiofigial pecelata punto uol punto cn punto dere	2.667
common_voice_es_20242223.wav	en atraccion mediatica	ena traccion mediatica	0.667
common_voice_es_21773587.wav	de hecho	beecho	1.000
common_voice_es_21879447.wav	fortalecimiento institucional	fostalecimentestictus ena	1.000
common_voice_es_21962058.wav	seis	seia	1.000
common_voice_es_21996988.wav	no	na	1.000
common_voice_es_22036789.wav	siete	siep	1.000
common_voice_es_22210664.wav	marks inc	markx y en efeo	2.000

E. Comparativa de tiempo de entrenamiento

En cuanto al tiempo de entrenamiento hay una diferencia significativa ya que Coqui STT tarda 18 horas por cada epoch mientras que a NVIDIA NeMo solamente le toma 1.23 horas en completar un epoch. Lo anterior se traduce en que NVIDIA NeMo tardó 6.16 mientras completar el entrenamiento de Coqui STT tardo 90 horas. En la tabla III se muestra un resumen de estos tiempos.

TABLA III TIEMPOS DE ENTRENAMIENTO

<i>Modelo</i>	<i>Tiempo por epoch (en horas)</i>	<i>Tiempo Total (en horas)</i>
Coqui STT	18	90
NVIDIA NeMo	1.23	6.16

Visto de forma gráfica se puede apreciar que la diferencia en tiempos de entrenamiento es bastante considerable ya que en el tiempo que tardaba un epoch Coqui STT, NVIDIA NeMo ya había terminado el entrenamiento completamente tal como se puede ver en Fig. 1

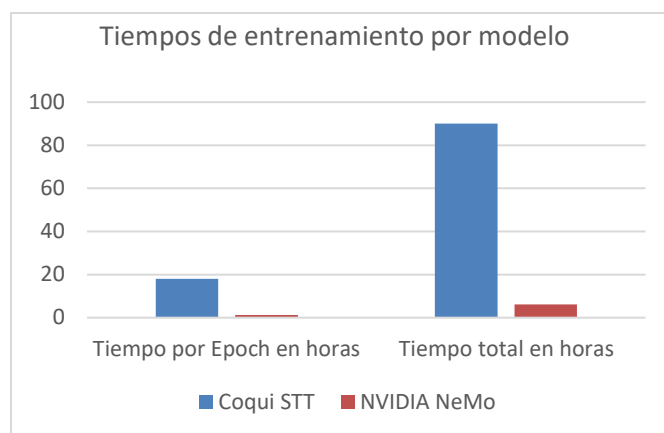


Figura 1. Comparación graficas de los tiempos de entrenamiento de Coqui STT y NVIDIA NeMo

F. Comparativa de WER de los modelos

En cuanto a la tasa de error de palabra o WER es posible apreciar que, NVIDIA NeMo no realizó ninguna transcripción completamente correcta mientras que Coqui STT tiene 5 transcripciones sin errores, no obstante es importante resaltar que los errores más altos también fueron de Coqui STT, siendo que este alcanzo errores de 3 mientras que el error más alto de NVIDIA NeMo es de 2.667 y que solamente tiene dos errores mayores o iguales a 2 mientras que Coqui STT tiene varios errores mayores o igual a 2, tal como se aprecia en la tabla IV

TABLA IV COMPARACIÓN DE WER DE COQUI STT VS NVIDIA NeMo

Archivo	Alias	Coqui	NeMo
common_voice_es_19607133.wav	wav_01	0.000	0.800
common_voice_es_19671270.wav	wav_02	0.000	0.833
common_voice_es_19958370.wav	wav_03	3.000	2.667
common_voice_es_20242223.wav	wav_04	0.000	0.667
common_voice_es_21773587.wav	wav_05	0.000	1.000
common_voice_es_21879447.wav	wav_06	2.500	1.000
common_voice_es_21962058.wav	wav_07	3.000	1.000
common_voice_es_21996988.wav	wav_08	0.000	1.000
common_voice_es_22036789.wav	wav_09	2.000	1.000
common_voice_es_22210664.wav	wav_10	2.500	2.000

Representado de forma gráfica se puede notar que NVIDIA NeMo se comportó que Coqui STT a pesar de no haber realizado correctamente ninguna transcripción tal como lo indica la fig. 2

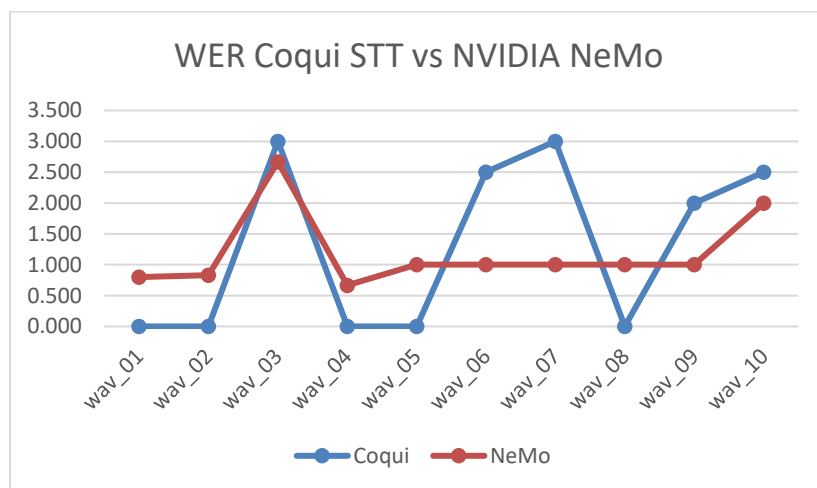


Figura 2. Comparación graficas de la tasa de error de palabra WER de Coqui STT y NVIDIA NeMo

VI. CONCLUSIONES

NVIDIA NeMo permite realizar entrenamientos de modelos de ASR en menos tiempo que otras herramientas y a pesar de que en esta comparativa no logró realizar ninguna transcripción completamente correcta es importante destacar que los errores entre una transcripción y otra no fueron tan bruscos como los presentados por Coqui STT, por lo que, en futuros trabajos se podrían hacer pruebas con más epochs en el entrenamiento para determinar si es posible mejorar los resultados obtenidos, así como también explorar alternativas de transferencia de aprendizaje de otros modelos en otros idiomas.

Al momento de realizar este trabajo la versión más reciente de Mozilla Common Voice era la versión 7.0 sin embargo, al momento de la publicación de este trabajo se encuentra tres nuevas versiones la 8.0, 9.0 y 10.0 de igual forma las herramientas utilizadas también cuentan con nuevas versiones, por lo que una futura línea de trabajo sería implementar el entrenamiento con las nuevas versiones del dataset y las herramientas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Yu y L. Deng, *Automatic Speech Recognition*, New York: Springer, London, 2015.
- [2] E. D. Liddy, «Natural language processing,» de *Encyclopedia of Library and Information Science*, 2nd ed., NY, 2001.
- [3] B.-H. Juang y L. R. Rabiner, «Automatic speech recognition - a brief history of the technology development,» *Georgia Institute of Technology. Atlanta Rutgers University and the University of California. Santa Barbara*, vol. 1, p. 67, 2005.
- [4] S. J. Arora y R. P. Singh, «Automatic speech recognition: a review,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 60, n° 9, pp. 34-44, 2012.
- [5] M. Benzeghiba, R. De Mori, O. Deroo, S. Dupont, T. Erbes, D. Jouvet, L. Fissore, P. Laface, A. Mertins, C. Ris y others, «Automatic speech recognition and speech variability: A review,» *Speech communication*, vol. 49, n° 10-11, pp. 763-786, 2007.
- [6] A. Waibel, T. Hanazawa, G. Hinton, K. Shikano y K. Lang, «Phoneme recognition using time-delay neural networks,» *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 37, n° 3, pp. 328-339, 1989.
- [7] J. Wu y C. Chan, «Isolated word recognition by neural network models with cross-correlation coefficients for speech dynamics,» *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 15, n° 11, pp. 1174-1185, 1993.
- [8] D. Yu y L. Deng, «Gaussian mixture models,» de *Automatic Speech Recognition*, New York, Springer, London, 2015, pp. 13-21.
- [9] D. Yu y L. Deng, «Hidden Markov Models and the Variants,» de *Automatic Speech Recognition*, New York, Springer, London, 2015, pp. 23-54.
- [10] P. Senin, «Dynamic time warping algorithm review,» *Information and Computer Science Department University of Hawaii at Manoa Honolulu, USA*, pp. 1-23, 2009.
- [11] H. Allende, C. Morgan y R. Salas, «Artificial neural networks in time series forecasting: A comparative analysis,» *Kybernetika*, vol. 38, n° 6, pp. 685-707, 2002.
- [12] L. Deng y X. Li, «Machine Learning Paradigms for Speech Recognition: An Overview,» *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 21, n° 5, pp. 1060-1089, 2013.
- [13] A. Graves, A.-r. Mohamed y G. Hinton, «Speech recognition with deep recurrent neural networks,» *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 6645-6649, 2013.
- [14] D. Amodei, S. Ananthanarayanan, R. Anubhai, J. Bai, E. Battenberg, C. Case, J. Casper, B. Catanzaro, Q. Cheng, G. Chen y others, «Deep speech 2: End-to-end speech recognition in english and mandarin,» *Proceedings of The 33rd International Conference on Machine Learning*, pp. 173-182, 2016.
- [15] V. Kěpuska y G. Bohouta, «Comparing speech recognition systems (Microsoft API, Google API and CMU Sphinx),» *Int. Journal of Engineering Research and Application*, vol. 7, n° 3, pp. 20-24, 2017.
- [16] D. Povey, A. Ghoshal, G. Boulianne, L. Burget, O. Glembek, N. Goel, M. Hannemann, P. Motlicek, Y. Qian, P. Schwarz y others, «The Kaldi speech recognition toolkit,» *IEEE 2011 workshop on automatic speech recognition and understanding*, 2011.
- [17] A. Lee y T. Kawahara, «Recent development of open-source speech recognition engine julius,» *Proceedings: APSIPA ASC 2009: Asia-Pacific Signal and Information Processing Association, 2009 Annual Summit and Conference*, pp. 131-137, 2009.
- [18] «Mozilla DeepSpeech,» [En línea]. Available: <https://deepspeech.readthedocs.io/en/r0.9/>. [Último acceso: 30 septiembre 2021].
- [19] O. Kuchaiev, J. Li, H. Nguyen, O. Hrinchuk, R. Leary, B. Ginsburg, S. Krizan, S. Beliaev, V. Lavrukhin, J. Cook y others, «Nemo: a toolkit for building ai applications using neural modules,» *arXiv preprint arXiv:1909.09577*, 2019.
- [20] «Coqui,» [En línea]. Available: <https://coqui.ai/>. [Último acceso: 30 septiembre 2021].
- [21] A. Hannun, C. Case, J. Casper, B. Catanzaro, G. Diamos, E. Elsen, R. Prenger, S. Satheesh, S. Sengupta, A. Coates y others, «Deep speech: Scaling up end-to-end speech recognition,» *arXiv preprint arXiv:1412.5567*, 2014.
- [22] V. Panayotov, G. Chen, D. Povey y S. Khudanpur, «Librispeech: an asr corpus based on public domain audio books,» *2015 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP)*, pp. 5206-5210, 2015.
- [23] «VoxForge,» [En línea]. Available: <http://www.voxforge.org/>. [Último acceso: 30 septiembre 2021].
- [24] R. Ardila, M. Branson, K. Davis, M. Henretty, M. Kohler, J. Meyer, R. Morais, L. Saunders, F. M. Tyers y G. Weber, «Common voice: A massively-multilingual speech corpus,» *arXiv preprint arXiv:1912.06670*, 2019.
- [25] C. Gaida, P. Lange, R. Petrick, P. Proba, A. Malatay y D. Suendermann-Oeft, «Comparing open-source speech recognition toolkits,» *11th International Workshop on Natural Language Processing and Cognitive Science*, 2014.

- [26] Y.-Y. a. A. A. a. C. C. Wang, «Is word error rate a good indicator for spoken language understanding accuracy,» *2003 IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding (IEEE Cat. No. 03EX721)*, pp. 577-582, 2003.
- [27] «Common Voice Mozilla,» [En línea]. Available: <https://commonvoice.mozilla.org/es/datasets>. [Último acceso: 28 septiembre 2021].

Arquitectura IoT de robótica para la enseñanza-aprendizaje de tecnologías 4.0

Robotics IoT architecture for teaching-learning of 4.0 technologies

Abel Méndez Porras, Johan Rodríguez Salas, Karina Urbina Álvarez

Instituto Tecnológico de Costa Rica

amendez@itcr.ac.cr, johrodriguez@estudiantec.cr, urbina@estudiantec.cr

Resumen — Las tecnologías 4.0 están transformando la forma de realizar las actividades cotidianas de las personas. Se plantean soluciones a problemas complejos de una forma simplificada y accesible a la sociedad. Sin embargo, estas tecnologías están fundamentadas en conceptos confusos de comprender para la mayoría de las personas. La adopción a estas nuevas tecnologías se dificulta debido al desconocimiento en estos temas. El objetivo de este trabajo es contribuir con el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre tecnologías 4.0 mediante la creación de una arquitectura IoT de robótica. Se propone crear una arquitectura IoT compuesta por un kit de robótica. Esta arquitectura permite la integración de sensores. Además, se pueden incluir nuevas bibliotecas para procesar la información utilizando tecnologías de Inteligencia Artificial para responder al entorno de manera más eficiente.

Palabras clave; tecnologías 4.0; IoT; arduino; Inteligencia Artificial.

Abstract — The 4.0 technologies are transforming the way people do their day-to-day activities. Solutions to complex problems are presented in a simplified and accessible way to society. However, these technologies are based on confusing concepts of understanding for most people. Adoption of these new technologies is made difficult by lack of knowledge in these areas. The objective of this work is to contribute to the learning-teaching process on 4.0 technologies by creating an IoT architecture of robotics. It is proposed to create an IoT architecture composed of a robotics kit. This architecture enables the integration of sensors. In addition, new libraries can be included to process information using Artificial Intelligence technologies to respond to the environment more efficiently.

Keywords; 4.0 technologies; IoT; Arduino; Artificial Intelligence.

I. INTRODUCCIÓN

En el vasto mundo de la informática y la computación existe la industria 4.0, la cual es un conjunto de diversas tecnologías con mucho potencial y enfoque al mundo moderno. Todas estas tecnologías permiten un sin fin de posibilidades a la hora de crear herramientas para la vida cotidiana, la industria e incluso el entretenimiento. Promueven la eficiencia y efectividad a la hora de realizar tareas que llegan a ser muy complejas para los seres humanos.

Sin embargo, conocer a fondo las tecnologías que ofrece la industria 4.0 toma trabajo lograr, además, comenzar a estudiar y aprender acerca de estas tecnologías no es una tarea sencilla si no se cuenta con una base sobre la cual apoyarse. El problema es que al ser un tema tan atractivo para todo aficionado, el empezar a aprender acerca de estos temas de la tecnología puede llegar a ser algo frustrante e incluso incomprensible a primera vista. En este punto es donde nace la principal problemática, el hecho de como comenzar a aprender a manejar las distintas tecnologías que ofrece la industria 4.0.

El objetivo de este trabajo es contribuir con el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre tecnologías 4.0 mediante la creación de una arquitectura IoT de robótica. Esta plataforma está dirigida a estudiantes que vienen comenzando sus estudios en una carrera universitaria con enfoque en tecnología, inclusive a los docentes encargados. Se busca implementar la utilización de distintas tecnologías que permitan el uso de herramientas como el reconocimiento de personas y reconocimiento de voz, además de aprender cómo entrenar algoritmos que permitan la creación de una arquitectura IoT de robótica.

II. ESTADO DEL ARTE

La educación STEAM se enfoca en la Industria 4.0. Además, propicia la imaginación, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y aprendizaje cooperativo [1, 2, 3, 4]. Estas habilidades impactan positivamente en la vida de los niños y posibilitan la innovación.

Los robots de bajo costo comenzaron a utilizarse en el contexto educativo en proyectos y ferias científicas, así como una forma novedosa y atractiva de representar la tecnología. Estos aspectos se mantienen hoy con el aumento de la educación STEM/STEAM y preponderancia para abordar los desafíos de la Industria 4.0. Se proyecta que el uso de robots en el aula vaya más allá de estas funciones y se conviertan en aliados estratégicos para mejorar la calidad de la educación [5].

La RoboCupJunior [6, 7] es una iniciativa educativa internacional que promueve STEM y aprendizaje de habilidades desde el 2000. Este tipo de actividades favorecen un aprendizaje colaborativo, orientado a la solución de problemas y caracterizado por la creatividad e innovación. Además del aprendizaje basado en Tecnología (Arduino, reconocimiento de imágenes y programación), Electrónica y Robótica, las competencias educativas reportan impactos positivos en habilidades de comunicación, trabajo en equipo y desarrollo personal.

El grupo de investigación a cargo de esta propuesta, ha venido desarrollando diferentes actividades relacionadas con la inclusión de la robótica y otras tecnologías predominantes en la Industria 4.0, en procesos de enseñanza-aprendizaje. Una de las experiencias de enseñanza-aprendizaje más significativas fue la creación de pequeños robots con aprendizaje automatizado para jugar el denominado Robosoccer [8]. Los robots eran autónomos y debían buscar la pelota para intentar anotar un gol. También se ha trabajado en la creación de robots y aplicaciones de realidad aumentada para potenciar la educación en niños y niñas de edad preescolar [9]. Se desarrollaron aplicaciones para enseñar aspectos relacionados con la alimentación saludable y el reciclaje. Uno de los primeros robots desarrollados fue un pequeño robot asistente capaz de guardar mensajes de actividades y recordarlos en la fecha prevista [9].

Con la experiencia desarrollada y analizando las diferentes propuestas en la literatura, se plantea la idea de crear una arquitectura de robótica IoT para la enseñanza-aprendizaje de tecnologías de la industria 4.0.

III. ARQUITECTURA IoT DE ROBÓTICA PROPUESTA

A. Kit de robótica

El kit de robótica es la base principal para la arquitectura del robot. Aquí es donde se comienzan a añadir las diversas funcionalidades y componentes que permiten conectar la arquitectura con el IoT e implementar las diversas tecnologías de la industria 4.0.



Figura 1. Kit de robótica y componentes electrónicos

Tal como se aprecia en la Fig. 1 (a) se encuentran los componentes usados como base de la arquitectura. Se cuenta con 4 ruedas, 4 motores, 2 placas para el chasis, soporte para baterías y un set de tornillos y tuercas para montar las piezas con firmeza.

B. instalación del arduino

El set del Arduino está compuesto de distintos componentes electrónicos los cuales son la base de la arquitectura IoT. Estos componentes permiten que el robot logre implementar distintas funcionalidades del IoT, tal como conectarse a un dispositivo inteligente por medio de conexiones inalámbricas, gracias a esto se logra crear una arquitectura compatible y adaptable a cambios.

Entre los componentes que se muestran en la Fig. 1 (b) se tiene el Arduino, el cual es el encargado de enlazar todas las instrucciones recibidas de un dispositivo móvil con el hardware. Además de este se cuenta con un módulo Bluetooth el cual se encarga de conectar el arduino con el dispositivo móvil utilizado en la arquitectura, por otro lado, se encuentra el controlador de los motores, el cual recibe señales del arduino y las transforma en movimiento por parte de los motores, y por último, se tiene una batería la cual suministra energía al arduino y sus componentes.

C. Programación del arduino

Para realizar la programación del Arduino, y que además este sea capaz de ejecutar instrucciones recibidas por medio del módulo Bluetooth, se necesita del entorno de desarrollo integrado (IDE) proporcionado por los desarrolladores de Arduino para la programación del mismo. El IDE de arduino ofrece una interfaz en donde el usuario es capaz de programar su Arduino utilizando el lenguaje de programación Arduino, el cual está basado en C y C++, este lenguaje ofrece muchas funcionalidades y bibliotecas desarrolladas por la comunidad, especialmente enfocadas para el desarrollo de proyectos con distintos componentes de hardware compatibles con la placa de Arduino.

D. Programación de Apps para dispositivos móviles

Seguidamente, en el caso de la programación de aplicaciones móviles se utiliza el IDE de Android, llamado Android Studio, este IDE cuenta con muchas funcionalidades a la hora de trabajar con dispositivos móviles con sistema operativo Android.

La interfaz gráfica que ofrece Android Studio permite visualizar cómo se verá la aplicación una vez instalada en el dispositivo móvil, por otra parte, este cuenta con la capacidad de sugerir mejoras y funcionalidades a la aplicación, además, Android Studio ofrece la posibilidad de trabajar con dos lenguajes de programación, los cuales son Java y Kotlin, junto con la integración de otros tipos de formato de archivos.

IV. RESULTADOS



a) El robot completamente armado

b) Aplicación para dispositivos móviles

Figura 2. Robot y aplicación para dispositivos móviles

En la Fig. 2 (a) se logra apreciar la vista final de la arquitectura del robot, implementando todos los componentes anteriormente mencionados. Esta arquitectura es capaz de recibir señales analógicas por medio de Bluetooth y realizar distintas tareas de movimiento, según como el estudiante lo indique.

Durante el desarrollo del proyecto se crearon dos aplicaciones móviles que controlan la arquitectura IoT por medio de comandos, una de estas por medio de botones tal como se aprecia en la Fig. 2 (b). Otra aplicación móvil desarrollada implementa el reconocimiento por voz, mediante el cual controla la arquitectura IoT por medio de señales enviadas al módulo de Bluetooth.

V. EVALUACIÓN

Se han realizado pruebas de laboratorio evaluando los siguientes conceptos: armar kit de robótica, integrar el Arduino, desarrollar el código para Arduino y desarrollar la aplicación para Android. Para apoyar cada una de estas actividades se han desarrollado videos explicando paso a paso las tareas a realizar.

A través de los resultados obtenidos de la Tabla 1, se sugiere que la parte más intuitiva para el estudiante a la hora de realizar el proceso de construcción del sistema corresponde al apartado de armado del *Hardware*, en este punto se logra completar la actividad de forma sencilla. Por otra parte, se evidencia que las actividades que se enfocan en la programación del arduino y la aplicación móvil, son actividades que requieren de mucho aprendizaje y disposición del estudiante para finalizar de manera exitosa.

TABLA I DETALLES Y OBSERVACIONES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Actividad	Tiempo	Observación
Armar kit de robótica	2 horas	La estructura base de la arquitectura IoT es muy rigurosa a cambios de diseño que el estudiante desea realizar.
Integrar Arduino	1 hora	La organización de los cables es confusa y requiere mucha atención para el estudiante.
Desarrollar código para Arduino	3 horas	Esta tarea requiere aprender un lenguaje nuevo, por lo que toma cierto tiempo comprender su sintaxis y funcionamiento.
Desarrollar Apps para Android	5 horas	El IDE de Android Studio es muy complicado a primera vista, además requiere conocer lo básico sobre la sintaxis de Java o Kotlin.

VI. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir del proyecto realizado, se han descubierto diferentes maneras de cómo las personas pueden lograr aprender a utilizar dispositivos inteligentes creados a partir de una estructura ya establecida, como lo es la arquitectura arduino y sus diversas funcionalidades en el IoT y la industria 4.0. De igual forma, se ha determinado durante la evaluación, que un primer contacto con arduino permite conocer sobre procesos de automatización de tareas, creación de sistemas inteligentes y una adopción natural del sistema para resolver conflictos de la vida cotidiana.

Finalmente, como trabajo futuro se planea dotar la arquitectura IoT de robótica de capacidades de reconocimiento de personas y sus emociones, esto mediante el uso de bibliotecas de aprendizaje automatizado. Además, se desea utilizar esta arquitectura para impartir cursos de robótica en colegios con el fin de incentivar la adopción de tecnologías incluidas en la Industria 4.0.

VII. RECOMENDACIONES

Se propone mejorar la metodología de enseñanza aplicada durante el desarrollo del código en Arduino y la creación de la aplicación móvil mediante Android Studio. En adición, generar contenido audiovisual de calidad con el propósito de que el estudiante pueda tomar referencias y guiarse durante todo el proceso del proyecto. Por último, verificar que los materiales suministrados a los estudiantes contengan todos los detalles correspondientes a la actividades que se deben realizar, para que de esta manera el estudiante pueda tener una referencia clara y concisa de lo que debe de hacer.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Barnes, S. Fakhrosseini, E. Vasey, C. Park, and M. Jeon, "Child-robot theater: Engaging elementary students in informal steam education using robots," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 19, no. 1, pp. 22–31, 2020.
- [2] J. Barnes, E. Vasey, M. Jeon, S. Maryam Fakhrosseini, and C. Park, "Informal steam education case study: Child-robot musical theater," 2019.
- [3] Y.-H. Chien, Y.-S. Chang, H.-S. Hsiao, and K.-Y. Lin, "Steam-oriented robot insect design curriculum for k-12 students," pp. 1–4, 2018.
- [4] Y.-G. Jin, L. Chong, and H.-K. Cho, "Designing a robotics-enhanced learning content for steam education," pp. 433–436, 2012.
- [5] T. Tay, Z. Lim, and Y. Chua, "Utilizing autonomous mobile robot to increase interest in stem," vol. 2018-January, pp. 161–165, 2018.
- [6] A. Eguchi, "Robocupjunior for promoting stem education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 692–699, 2016.
- [7] A. Wong, R. Jeffery, P. Turner, S. Sleap, and S. Chalup, "Robocup junior in the hunter region: Driving the future of robotic stem education," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 11374 LNAI, pp. 362–373, 2019.
- [8] A. Porras and J. Alfaro-Velasco, "Playing robosoccer with machine learning: A learning and teaching experience based on stem," pp. 1–6, 06 2020.
- [9] A. Méndez-Porras, J. Alfaro-Velasco, and R. Rojas-Guzmán, "Videojuegos educativos para niñas y niños en educación preescolar utilizando robótica y realidad aumentada," *Revista Ibérica de Sistemas de Tecnologías de Información*, pp. 482–495, 02 2021. Copyright - © 2021.

Cálculo de deflexiones con análisis numérico

Calculation of deflections with numerical analysis

Caceres Pineda P. J., Palencia Cortés L. F., Sandoval Villamizar I. T
Universidad Santo Tomás de Aquino Colombia

Piterjhoseph.caceres@ustabuca.edu.com, luisafernanda.palencia@ustabuca.edu.co,
idriss.sandoval@ustabuca.edu.co

Resumen — Este proyecto titulado cálculo de deflexiones en vigas a través del análisis numérico, consta de diferentes cálculos como lo son restricciones, cortantes, momentos, giros y deflexiones, estos propuestos a través de integrales las cuales se calculan por medio de los métodos numéricos para solución de integrales de Simpson y del trapecio. Los cálculos y resultados son programados en el software de Matlab donde se comparó con sus resultados teóricos.

Vigas, longitud, deflexión, giro, momento, cortante.

Abstract — This project entitled calculation of deflections in beams through numerical analysis, consists of different calculations such as constraints, shear, moments, twists and deflections, these proposed through integrals which are calculated by means of the numerical methods for solution of Simpson and trapezoidal integrals. The calculations and results are programmed in Matlab software where they were compared with their theoretical results.

Beams, length, deflection, twist, moment, shear.

INTRODUCCIÓN

Al iniciar el proyecto se compila toda la información pertinente a las deflexiones empleadas en ingeniería civil, en donde se desarrollará una viga simplemente apoyada con una carga uniforme, por el método de integración. La idea es comparar las soluciones que nos brinda la regla del trapecio y método de Simpson, los cuales permiten resolver integrales numéricas, posteriormente, se calcula de forma teórica las fórmulas correspondientes a momentos, cortes, giros y deflexiones. El método de integración numérica fue estudiado y comparado con la teoría.

OBJETIVOS

Como objetivo general del proyecto se busca implementar una interfaz gráfica para el cálculo de las deflexiones empleando el análisis numérico. En donde se desarrolle un código en el software de Matlab para estimar el cálculo de las reacciones en los apoyos y momentos presentes en una viga. También se

planea realizar el cálculo de cortes, momentos, giros y la deflexión de viga por los métodos de trapecio y Simpson, comparando los resultados de forma analítica con los presentados en la interfaz.

ESTADO DEL ARTE

Una vez identificadas las fuentes de información se empezará a elaborar el estado del arte del proyecto. El análisis del estado del arte que se va a manejar es de programas para cálculos estructurales, pero de forma más específica del análisis de vigas, en las cuales se debe evidenciar sus apoyos, deflexiones, cortantes y momentos. Luego de haber realizado una investigación sobre programas con características similares se encontraron muchos programas de origen internacional y solo uno de origen nacional.

INTERNACIONAL

Cypecad



Figura 1. Fuente <http://cypecad.cype.es/>

CYPECAD realiza el diseño, cálculo y dimensionado de estructuras para edificación y obra civil, sometidas a acciones horizontales, verticales y a la acción del fuego. Este calcula y dimensiona soportes, pilares, vigas, forjados, estructuras de nudos y barras, cimentaciones, uniones metálicas, láminas planas. CYPECAD está incluido en el flujo de trabajo Open BIM.

Etabs



Figura 2. Fuente <https://www.csiespana.com/software/5/etabs#>

ETABS es un software innovador y revolucionario para análisis estructural y dimensionamiento de edificios. En la última versión de ETABS ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados.

Autodesk Robot



Figura 3. Fuente Tomado de <https://konstruedu.com/es/blog/que-es-y-para-que-sirve-robot-structural-analysis>

Es un software de análisis de carga estructural que verifica el cumplimiento del código y utiliza flujos de trabajo integrados con BIM para intercambiar datos con Revit. Puede ayudarlo a crear diseños más resistentes y construibles que sean precisos, coordinados y conectados a BIM.

NACIONAL



Figura 4. Fuente Tomado de <https://wtingenieria.com.co/software-licenciados/>

RCB es un programa de diseño de estructuras creado en Colombia cuyo fin es el análisis y diseño en 3D de edificios en concreto reforzado, simulando las disposiciones de carga de las fuerzas sísmicas y de viento, de acuerdo con las normas de construcción nacional vigente. (NSR10). Este programa facilita cálculos que normalmente serían realizados a mano, los cuales tienen dificultad bastante alta.

MARCO TEORICO

Esta etapa metodológica es donde se explica todas las herramientas (métodos para el desarrollo de la viga), todos los procedimientos que han necesitado para llevar a cabo el estudio en el proyecto. Se explica paso a paso el desarrollo del proyecto de tal forma que cualquier persona pueda leer y entender, aún sin conocer del tema.

La viga es un elemento fundamental en la construcción, sea ésta de la índole que fuera. Será el tipo, calidad y fin de la construcción lo que determinará medidas, materiales de la viga, y, sobre todo, su capacidad de sostener y contener pesos y tensiones. Debemos de comprender que las vigas no solo están pensadas para soportar presión y peso, sino también para hacer flexión y tensión.

Para el cálculo de esta hay una serie de métodos como lo son:

Método de cortes

El método de los cortes consiste en seccionar o cortar la estructura en cada tramo de la misma a una distancia x , para determinar las fuerzas internas (Momento flector, fuerza cortante y fuerza axial)

aplicando las ecuaciones de equilibrios.

Regla del trapecio

La regla del trapecio es uno de los métodos más utilizados para calcular aproximaciones numéricas de integrales definidas. Es la primera de las fórmulas cerradas de integración de Newton – Cotes, para el caso cuando el polinomio interpolante es de grado uno. Este se debe a la interpretación geométrica que se hace de la fórmula. Cuando el polinomio interpolante es de grado uno, su gráfica representa una línea recta en el intervalo $[a, b]$ que es el área del trapecio que se forma [3].

Para realizar la aproximación se hará uso de la siguiente integral

$$I = \int_a^b f(x)dx \approx (b - a) \frac{f(a) + f(b)}{2}$$

Regla de Simpson 1/3

Método de integración para calcular integrales definidas donde se conectan grupos sucesivos de tres puntos sobre la curva mediante parábolas de segundo grado.

Con la regla de Simpson es posible obtener una aproximación más precisa del área bajo una curva ya que se conectan grupos sucesivos de tres puntos sobre la curva mediante parábolas de segundo grado, y al sumar las áreas bajo las parábolas se obtiene el área aproximada bajo la curva.

Esta regla a diferencia de la regla del trapecio, donde a mayor número de subdivisiones se obtiene una mejor aproximación, lo que hace es ajustar una curva de orden superior en lugar de la línea recta como sucede con la regla del trapecio [2].

Método de doble integración

Es el método más general para determinar deflexiones. Se puede usar para resolver casi cualquier combinación de cargas y condiciones de apoyo en vigas estáticamente determinadas e indeterminadas. Donde se parte de la ecuación básica

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{-M}{EI}$$

La posición de cualquier sección está dada por (x) , mientras que (y) representa la ordenada de la curva elástica. La segunda derivada de la deformación es la curvatura: M es el momento flexionante, si se expresa en función de x , integrando una vez se obtendrá el giro e integrando otra vez se obtendrá la deflexión.

PROCEDIIMIENTO

a. Cálculos y resultados

Para el diseño y desarrollo de la interfaz, se utilizó como base de cálculo de un ejemplo de una viga simplemente apoyada, esto aplicado los diferentes métodos numéricos como lo es el método del trapecio y la Regla de Simpson dentro del cálculo estándar del desarrollo de una viga del análisis estructural. A continuación, se le anexa el soporte de los cálculos realizados.

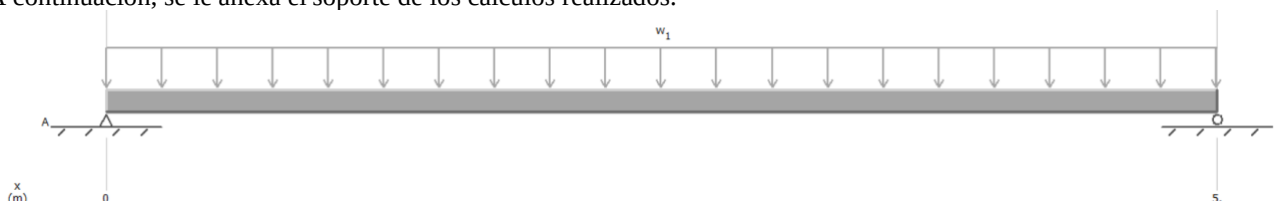


Figura 5. Fuente propia. Viga cargada.

$$\begin{aligned} \text{Datos:} \\ w &= 10kN/m \\ L &= 5m \end{aligned}$$

Reacciones:

(1)

$$R1 = \frac{10 \cdot 5}{2} = 25kN$$

$$R2 = \frac{10 \cdot 5}{2} = 25kN$$

Método de cortes

$$V_A = \frac{wL}{2} = 25kN$$

$$V_B = -25kN$$

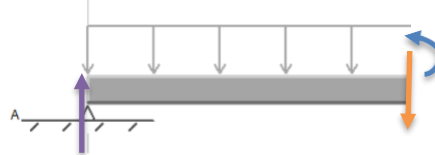


Figura 6. Fuente propia. Corte 1.

$$\sum f_y = 0$$

$$25 - 10x - V = 0$$

$$V = 25 - 10x$$

$$\rightarrow V(0) = 25 - 10(0) \rightarrow V(0) = 25kN$$

$$\rightarrow V(1) = 25 - 10(2,5) \rightarrow V(1) = 0$$

$$\rightarrow V(2) = 25kN$$

Método proyecto (trapecio)

$$V = (V_A - \int_0^L w dx) = V_A - \frac{L}{2} [w_0 + w_L] = 25 - \frac{5-0}{2} [10 + 10] = 25kN$$

TABLA I MÁXIMOS CORTANTES

X	V
0	25
5/2	0
5	-25

n

$$V(X) = \sum_{k=0}^n V_i L_{n,k}$$

$$L_{n,0} = \frac{(x-2,5)(x-5)}{(0-2,5)(0-5)} = \frac{x^2 - 7,5x + 12,5}{12,5} = \frac{x^2}{12,5} - \frac{3x}{5} + 1$$

$$L_{n,1} = \frac{(x-0)(x-5)}{(2,5-0)(2,5-5)} = \frac{x^2 - 5x}{-6,25} = -\frac{x^2}{6,25} + \frac{4x}{5}$$

$$L_{n,2} = \frac{(x-0)(x-2,5)}{(5-0)(5-2,5)} = \frac{x^2 - 2,5x}{12,5} = \frac{x^2}{12,5} - \frac{x}{5}$$

$$V(x) = 25 \left(\frac{x^2}{12,5} - \frac{3x}{5} + 1 \right) + 0 - 25 \left(\frac{x^2}{12,5} - \frac{x}{5} \right)$$

$$V(x) = 2x^2 - 15x + 25 - 2x^2 + 5x$$

$$V(x) = 25 - 10x$$

Gráfico de Cortantes

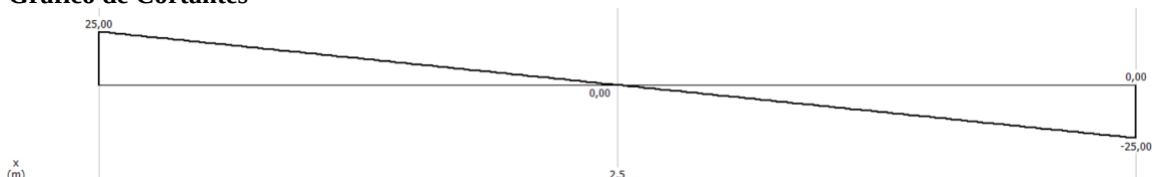


Figura 7. Fuente propia. Gráfico de cortantes

Cálculo de momentos

Método de cortes

(6)

$$\begin{aligned}\sum M_V &= 0 \\ M + 10x * \frac{x}{2} - 25x &= 0 \\ M &= 25x - 5x^2 \\ M(0) &= 25(0) - 5(0)^2 = 0 \\ M(1) &= 25(2,5) - 5(2,5)^2 = 31,25kN * m \\ M(2) &= 25(5) - 5(5)^2 = 0 kN * m\end{aligned}$$

Método del trapecio

(7)

$$\begin{aligned}M_B &= M_A + \int V(x) dx \\ M_B &= 0 + \int_0^{L/2} 25 - 10x dx = \frac{2,5 - 0}{2} [(25 - 10(0)) + (25 - 10(2,5))] = \frac{2,5}{2} (25 + 0) \\ &= 31,25kN * m\end{aligned}$$

TABLA III MOMENTOS MÁXIMOS

X	M
0	0
5/2	31,25
5	0

(8)

$$\begin{aligned}M(X) &= \sum_{k=0}^n M_i Ln, 0 \\ Ln, 0 &= \frac{x^2}{12,5} - \frac{3x}{5} + 1 \\ Ln, 1 &= -\frac{x^2}{6,25} + \frac{4x}{5} \\ Ln, 2 &= \frac{x^2}{12,5} - \frac{x}{5} \\ M(x) &= 0 + 31,25 \left(-\frac{x^2}{6,25} + \frac{4x}{5}\right) + 0 = 25x - 5x^2\end{aligned}$$

Gráfico Momentos Giro Teórico

(9)

$$\begin{aligned}EI\theta &= \int M_A dx \\ EI\theta &= \int 25x - 5x^2 dx \\ EI\theta &= \frac{25}{2}x^2 - \frac{5}{3}x^3 + C_1\end{aligned}$$

Regla de Simpson

$$\begin{aligned}EI\theta &= \int_0^L M_A dx \\ EI\theta &= \int_0^5 25x - 5x^2 dx \\ EI\theta &= \frac{2,5}{3} [(25(0) - 5(0)^2) + 4(25(2,5) - 5(2,5)^2) + (25(5) - 5(5)^2)] \\ EI\theta &= 104,167 + C_1 \\ \textbf{Giro}\end{aligned}$$

Deflexión o Flecha Teórico

(10)

$$EIy = \int \theta dx$$

$$EIy = \int \frac{25}{2}x^2 - \frac{5}{3}x^3 + C_1 dx$$

$$EIy = \frac{25}{6}x^3 - \frac{5}{12}x^4 + C_1 x + C_2$$

Condiciones de Borde

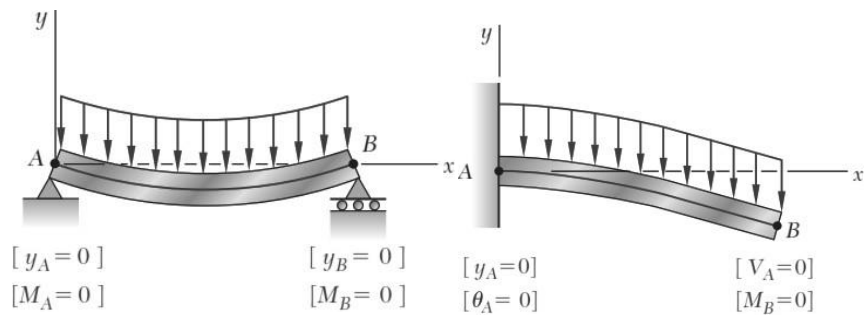


Figura 8. Fuente Tomado de Diapositivas Deflexión clase mecánica de materiales

$$EIy = \frac{25}{6}x^3 - \frac{5}{12}x^4 + C_1 x + C_2$$

$$EI0 = \frac{25}{6}0^3 - \frac{5}{12}0^4 + C_1 0 + C_2$$

$$C_2 = 0$$

(11)

$$EI0 = \frac{25}{6}5^3 - \frac{5}{12}5^4 + C_1 5$$

$$C_1 5 = -\frac{25}{6}5^3 + \frac{5}{12}5^4$$

$$C_1 5 = -260,42$$

$$C_1 = -52,083$$

Reescribir

$$EI\theta = \frac{25}{2}x^2 - \frac{5}{3}x^3 - 52,083$$

$$EI\theta = 104,167 - 52,083$$

$$EI\theta = 52,084$$

(12)

b. Programación

En primer lugar, se decidió crear y diseñar la interfaz gráfica por medio del software anteriormente mencionado, el cual en su pantalla principal se realiza el boceto compacto y agradable a la vista como se muestra en la figura 9.

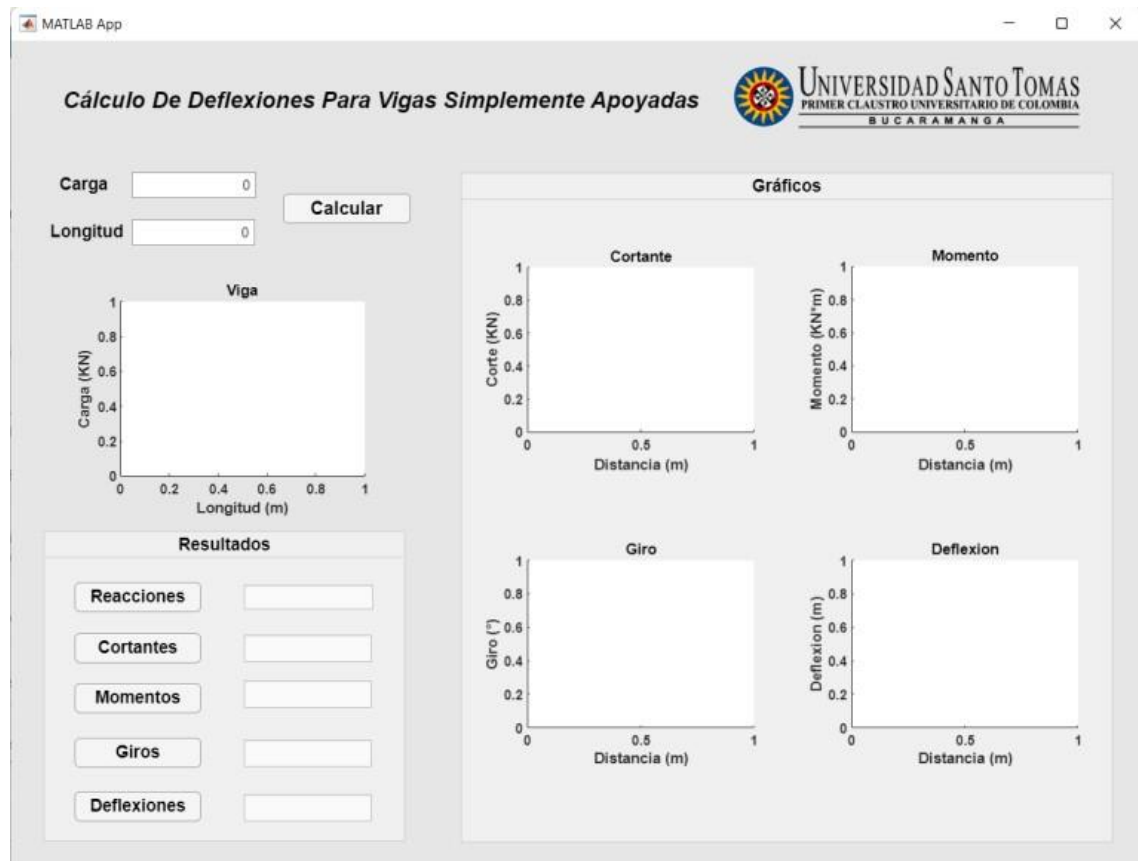


Figura 9. Interfaz gráfica Matlab

Después de tener la disposición de cada uno de los elementos se procedió a hacer un modelo del funcionamiento de cálculo de deflexiones para vigas simplemente apoyadas con el lenguaje de programación M. A continuación, se muestra lo códigos resultantes para el correcto funcionamiento de los distintos botones, gráficas y resultados arrojados.

```
% Button pushed function: Viga
function VigaButtonPushed(app, event)
    x = 0:0.0001:app.Longitud.Value;
    y =
app.Carga.Value*ones(size(x));
    x1 = 0:0.0001:app.Longitud.Value;
    y1 = 0*ones(size(x));
    plot(app.Grafvigas,x,y,'-
.r',x1,y1,'--mo');
end

% Button pushed function:
Calcortantes
function CalcortantesButtonPushed(app,
event)
    %C = Va-int(a=0, b=L)(Carga)dx
    L = app.Longitud.Value;
    C = app.Carga.Value;
    R = ( C * L ) / 2;
    Va = R;
    Vb = Va -(((L-0)/2)*(C+C));
    app.Ecucortantes.Value =
num2str(Va)
    X = 0:0.0001:L
    Cor = R-C*X
    x1 = 0:0.0001:app.Longitud.Value;
    y1 = 0*ones(size(x1));
    plot(app.Cortante,X,Cor,'r',x1,y1,
'blue');
    %syms x real

    %Lagrange=((x -
(app.Longitud.Value/2)) * (x -
app.Longitud.Value)) / ((0-
(app.Longitud.Value/2)) * (0-
app.Longitud.Value));
    %Lagrange1=((x - 0) * (x -
app.Longitud.Value)) /
(((app.Longitud.Value/2)-0) *
((app.Longitud.Value/2)-app.Longitud.Value));
    %Lagrange2=((x - 0) * (x -
(app.Longitud.Value/2))) /
((app.Longitud.Value-0) * (app.Longitud.Value-
(app.Longitud.Value/2)));
    %V(x)=
(app.Carga.Value*(Lagrange))+0*(Lagrange1))+
Vb*(Lagrange2));
    %app.Calcortantes.Value = char(V(x));
end

% Button pushed function: Calmomentos
function CalmomentosButtonPushed(app, event)
    %M = 0+int(a=0, b=L/2)(R-C*X)dx
    L = app.Longitud.Value;
    C = app.Carga.Value;
    R = ( C * L ) / 2
    M = ((L/2-0)/2)*((R-C*(0))+((R-C*(L/2)))));
    app.Ecumomentos.Value = num2str(M);
    X = 0:0.0001:L;
    Mom = (R*X)-((C*(X.^2))/2);
    x1 = 0:0.0001:app.Longitud.Value;
    y1 = 0*ones(size(x1));
    plot(app.Momento,X,Mom,'r',x1,y1,'blue');
```

```

end

% Button pushed function: Calgiros
function CalgirosButtonPushed(app, event)
%G = 0+int(a=0, b=L)(R*x-((C*x^2)/2)dx
L = app.Longitud.Value;
C = app.Carga.Value;
C1 = (C*L^3)/24
R = (C*L)/2;
G = ((L/2-0)/3)*[(R*0-
((C*(0)^2)/2))+4*((R*(L/2))-
((C*(L/2)^2)/2))+((R*L)-((C*(L)^2)/2))]-C1
app.Ecugiros.Value = num2str(G)
end

% Button pushed function: Valreacciones
function ValreaccionesButtonPushed(app,
event)
L = app.Longitud.Value;
C = app.Carga.Value;
R = ( C * L ) / 2
app.Reacciones.Value = num2str(R);
end
end

% Component initialization
methods (Access = private)

% Create UIFigure and components
function createComponents(app)

% Create UIFigure and hide until all
components are created
app.UIFigure = uifigure('Visible', 'off');
app.UIFigure.Color = [0.902 0.902 0.902];
app.UIFigure.Position = [100 100 994 729];
app.UIFigure.Name = 'MATLAB App';

% Create Grafvigas
app.Grafvigas = uiaxes(app.UIFigure);
title(app.Grafvigas, 'Viga')
xlabel(app.Grafvigas, 'Longitud (m)')
ylabel(app.Grafvigas, 'Carga (KN)')
zlabel(app.Grafvigas, 'Z')
app.Grafvigas.FontWeight = 'bold';
app.Grafvigas.Position = [57 311 263 209];

% Create
ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApoyada
sLabel
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel = uilabel(app.UIFigure);
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.HorizontalAlignment = 'center';
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.FontName = 'Helvetica-Narrow';
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.FontSize = 20;
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.FontWeight = 'bold';
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.FontAngle = 'italic';
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.Position = [38 665 582 25];
app.ClculoDeDeflexionesParaVigasSimplementeApo
yadasLabel.Text = 'Cálculo De Deflexiones Para
Vigas Simplemente Apoyadas ';

% Create CargaLabel
app.CargaLabel = uilabel(app.UIFigure);
app.CargaLabel.HorizontalAlignment =
'center';
app.CargaLabel.FontSize = 15;
app.CargaLabel.FontWeight = 'bold';

app.CargaLabel.Position = [30 592 70 22];
app.CargaLabel.Text = 'Carga';

% Create Carga
app.Carga = uieditfield(app.UIFigure,
'numeric');
app.Carga.Position = [107 591 109 23];

% Create LongitudLabel
app.LongitudLabel = uilabel(app.UIFigure);
app.LongitudLabel.HorizontalAlignment =
'right';
app.LongitudLabel.FontSize = 15;
app.LongitudLabel.FontWeight = 'bold';
app.LongitudLabel.Position = [30 550 70 22];
app.LongitudLabel.Text = 'Longitud';

% Create Longitud
app.Longitud = uieditfield(app.UIFigure,
'numeric');
app.Longitud.Position = [107 549 108 23];

% Create Viga
app.Viga = uibutton(app.UIFigure, 'push');
app.Viga.ButtonPushedFcn =
createCallbackFcn(app, @VigaButtonPushed,
true);
app.Viga.FontSize = 16;
app.Viga.FontWeight = 'bold';
app.Viga.Position = [240 568 112 27];
app.Viga.Text = 'Graficar';

% Create Graficos
app.Graficos = uipanel(app.UIFigure);
app.Graficos.TitlePosition = 'centertop';
app.Graficos.Title = 'Gráficos';
app.Graficos.FontWeight = 'bold';
app.Graficos.FontSize = 15;
app.Graficos.Position = [396 24 573 589];

% Create Deflexion
app.Deflexion = uiaxes(app.Graficos);
title(app.Deflexion, 'Deflexion')
xlabel(app.Deflexion, 'Distancia (m)')
ylabel(app.Deflexion, 'Deflexion (m)')
zlabel(app.Deflexion, 'Z')
app.Deflexion.FontWeight = 'bold';
app.Deflexion.Position = [304 66 247 201];

% Create Giro
app.Giro = uiaxes(app.Graficos);
title(app.Giro, 'Giro')
xlabel(app.Giro, 'Distancia (m)')
ylabel(app.Giro, 'Giro (°)')
zlabel(app.Giro, 'Z')
app.Giro.FontWeight = 'bold';
app.Giro.Position = [19 66 247 201];

% Create Momento
app.Momento = uiaxes(app.Graficos);
title(app.Momento, 'Momento')
xlabel(app.Momento, 'Distancia (m)')
ylabel(app.Momento, 'Momento (KN*m)')
zlabel(app.Momento, 'Z')
app.Momento.FontWeight = 'bold';
app.Momento.Position = [304 325 247 201];

% Create Cortante
app.Cortante = uiaxes(app.Graficos);
title(app.Cortante, 'Cortante')
xlabel(app.Cortante, 'Distancia (m)')
ylabel(app.Cortante, 'Corte (KN)')
zlabel(app.Cortante, 'Z')
app.Cortante.FontWeight = 'bold';

```

```

app.Cortante.Position = [19 325 247 201];

% Create Resultados
app.Resultados = uipanel(app.UIFigure);
app.Resultados.TitlePosition = 'centertop';
app.Resultados.Title = 'Resultados';
app.Resultados.FontWeight = 'bold';
app.Resultados.FontSize = 15;
app.Resultados.Position = [30 25 317 273];

% Create Calcortantes
app.Calcortantes = uibutton(app.Resultados,
'push');
app.Calcortantes.ButtonPushedFcn =
createCallbackFcn(app,
@CalcortantesButtonPushed, true);
app.Calcortantes.FontSize = 15;
app.Calcortantes.FontWeight = 'bold';
app.Calcortantes.Position = [27 157 111 26];
app.Calcortantes.Text = 'Cortantes';

% Create Calmomentos
app.Calmomentos = uibutton(app.Resultados,
'push');
app.Calmomentos.ButtonPushedFcn =
createCallbackFcn(app,
@CalmomentosButtonPushed, true);
app.Calmomentos.FontSize = 15;
app.Calmomentos.FontWeight = 'bold';
app.Calmomentos.Position = [27 113 111 26];
app.Calmomentos.Text = 'Momentos';

% Create Calgiros
app.Calgiros = uibutton(app.Resultados,
'push');
app.Calgiros.ButtonPushedFcn =
createCallbackFcn(app, @CalgirosButtonPushed,
true);
app.Calgiros.FontSize = 15;
app.Calgiros.FontWeight = 'bold';
app.Calgiros.Position = [27 65 111 26];
app.Calgiros.Text = 'Giros';

% Create Caldeflexiones
app.Caldeflexiones = uibutton(app.Resultados,
'push');
app.Caldeflexiones.FontSize = 15;
app.Caldeflexiones.FontWeight = 'bold';
app.Caldeflexiones.Position = [27 18 111 26];
app.Caldeflexiones.Text = 'Deflexiones';

% Create Ecuortantes
app.Ecuortantes = uieditfield(app.Resultados,
'text');
app.Ecuortantes.Editable = 'off';
app.Ecuortantes.Position = [164 158 112 24];

% Create Ecumomentos
app.Ecumomentos = uieditfield(app.Resultados,
'text');
app.Ecumomentos.Editable = 'off';
app.Ecumomentos.Position = [164 114 112 24];

% Create Ecugiros
app.Ecugiros = uieditfield(app.Resultados,
'text');
app.Ecugiros.Editable = 'off';
app.Ecugiros.Position = [164 66 112 24];

% Create Ecudeflexiones
app.Ecudeflexiones =
uieditfield(app.Resultados, 'text');
app.Ecudeflexiones.Editable = 'off';
app.Ecudeflexiones.Position = [164 19 112
24];

% Create Valreacciones
app.Valreacciones = uibutton(app.Resultados,
'push');
app.Valreacciones.ButtonPushedFcn =
createCallbackFcn(app,
@ValreaccionesButtonPushed, true);
app.Valreacciones.FontSize = 15;
app.Valreacciones.FontWeight = 'bold';
app.Valreacciones.Position = [27 202 111 26];
app.Valreacciones.Text = 'Reacciones';

% Create Reacciones
app.Reacciones = uieditfield(app.Resultados,
'text');
app.Reacciones.Editable = 'off';
app.Reacciones.Position = [163 204 113 22];

% Create Label
app.Label = uilabel(app.Resultados);
app.Label.HorizontalAlignment = 'center';
app.Label.FontSize = 15;
app.Label.FontWeight = 'bold';
app.Label.Position = [275 65 41 23];
app.Label.Text = '°';

% Create mLabel
app.mLabel = uilabel(app.Resultados);
app.mLabel.HorizontalAlignment = 'center';
app.mLabel.FontWeight = 'bold';
app.mLabel.Position = [278 20 41 23];
app.mLabel.Text = 'm';

% Create Image
app.Image = uiimage(app.UIFigure);
app.Image.Position = [619 612 356 136];
app.Image.ImageSource = 'santo-tomas-
bucaramanga.png';

% Create KN1
app.KN1 = uilabel(app.UIFigure);
app.KN1.HorizontalAlignment = 'center';
app.KN1.FontWeight = 'bold';
app.KN1.Position = [308 229 41 23];
app.KN1.Text = 'KN';

% Create KN2
app.KN2 = uilabel(app.UIFigure);

```

Para el diseño de los gráficos se estableció las variables X y Y que almacenan los valores correspondientes para graficar, en el caso del vector X en cada uno de los casos se utilizó desde 0 al valor L, lo que se pide introducir como una variable dentro de la interfaz gráfica; con la función Plot se grafica dentro un axes para verse presentado en la interfaz, cabe resaltar que los valores de Y varían dependiendo de la grafica que se quiere efectuar, teniendo en cuenta las fórmulas generales para el cálculo de cortantes, momentos, giros y deflexiones. Todos los botones programables dentro de la interfaz gráfica se crearon las variables L y C las cuales almacenan los valores de Longitud y carga correspondientemente, con esto 2 valores se hace el cálculo de la restricción cuyo valor es utilizado en el cálculo de la cortante mediante del método del trapecio.

En el caso de botón momento tomando como base la restricción y la formula general de cortante se procedió a su cálculo atreves del método del trapecio, por último, en el desarrollo del código para el cálculo del giro donde se utilizaron todas las variables anteriormente mencionadas añadiéndole la formula general de momento con la cual se procedió a realizar el método de Simpson.

I. CONCLUSIONES

Se realizaron todos los cálculos de cortante, giro, momento y deflexión, a través de los métodos de trapecio y Simpson.

Al comprar los resultados teóricos con los obtenidos por los métodos numéricos se encontró que su porcentaje de error es 0%, ya que no hay diferencia entre estos.

Al obtenerte la aplicación de la interfaz gráfica se logra facilitar en gran medida los cálculos requeridos para obtener la deflexión de una viga con carga distribuida uniformemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] (S/f). Www.uv.es. Recuperado el 11 de marzo de 2022, de <https://www.uv.es/~diaz/mn/node38.html>
- [2] Carrillo, J. (2021, marzo 5). La regla de Simpson: la fórmula y cómo funciona. freeCodeCamp.org. <https://www.freecodecamp.org/espanol/news/la-regla-de-simpson-la-formula-y-como-funciona/>
- [3] Métodos Numéricos. (s/f). Uned.ac.cr. Recuperado el 11 de marzo de 2022, de https://multimedia.uned.ac.cr/pem/metodos_numericos_ensenanza/modulo4/descripcion.html
- [4] 3.- Momento. (s/f). Xunta.gal. Recuperado el 11 de marzo de 2022, de https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/3_momento.html
- [5] ¿Qué son las vigas y para que sirven? (2015, diciembre 8). Arcus Global. <https://www.arcus-global.com/wp/que-son-las-vigas-y-para-que-sirven/>
- [6] (S/f-b). Edu.uy. Recuperado el 11 de marzo de 2022, de http://www.fadu.edu.uy/matematicas/files/2013/09/Cap%C3%ADtulo_2_version150319.pdf
- [7] (S/f-c). Upc.edu. Recuperado el 11 de marzo de 2022, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78018/PFC%20Memoria.pdf>
- [8] Interfaces de usuario (View, Layouts). (s. f.). Software de Comunicaciones. Recuperado 22 de abril de 2021, de <https://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/api/librerias-basicas-interfaces-usuario>

Desarrollo de software: Aplicación Móvil para los Comercios Afiliados de la CANACO

Software development: Mobile application for companies affiliated with CANACO

Saúl Omouri Reyes Sánchez¹, Javier Pino Herrera², Patricia Martínez Moreno³, José Antonio Vergara Camacho⁴

Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Administración, México

¹ sauloreysan@gmail.com, jpino@uv.mx, ² jpino@uv.mx, ³ pmartinez@uv.mx, ⁴ jvergara@uv.mx

Resumen — Este documento muestra el proyecto de desarrollo de software desde el enfoque práctico del proceso de construcción de una Aplicación para Comercios Afiliados a la Cámara Nacional de Comercio (CANACO) de la Ciudad de Coatzacoalcos, México. La línea de investigación en una primera etapa del proyecto propone un mecanismo de generación de API REST que mantenga comunicación con la Base de Datos y con tres App: App móvil Comercio, la App móvil Cliente y la App Web Administración, en el contexto del desarrollo dirigido por modelo – vista – modelo de vista, MVVM. Aplicar esta técnica mediante la transformación de modelos se diferencia de otras formas convencionales, teniendo en claro que de acuerdo con los requisitos no funcionales se requiere una App que sus componentes sean independientes, como: el acceso a los datos, la lógica de negocio y la interfaz gráfica, lo que permita que la aplicación sea flexible y de fácil mantenimiento. Con base en lo anterior, se detallan las fases (planeación, requisitos, modelado, construcción y pruebas) del desarrollo de un producto de software de manera puntual, y se muestran los artefactos y documentación generada del aplicativo.

Palabras clave: Desarrollo de Software, Análisis de Requerimientos, Codificación, Pruebas, Aplicación Móvil

Abstrac — This document shows the software development project from the practical approach of the process of building an application for affiliated merchants of the National Chamber of Commerce (CANACO) of the City of Coatzacoalcos, Mexico. The line of research in the first stage of the project proposes a mechanism for generating REST API that maintains communication with the Database and with three Apps: Commerce mobile App, the Client mobile App and the Administration Web App, in the context of model - vista - vista model driven development, MVVM. Applying this technique through the transformation of models differs from other conventional ways, having in mind that according to the non-functional requirements an App is required that its components are independent, such as: access to data, business logic and graphical interface, which allows the application to be flexible and easy to maintain. Based on the above, the phases (planning, requirements, modeling, construction and testing) of the development of a software product are detailed, and the artifacts and documentation generated for the application are shown.

Keywords: Software Development, Requirements Analysis, Coding, Testing, Mobile Application

I. INTRODUCCIÓN

Los medios digitales han roto los esquemas tradicionales de comunicación y han sido en definitiva una herramienta decisiva para la comunicación actual en muchos ámbitos, entre ellos la educación, el entretenimiento, el comercio, la política, la salud, entre otros muchos. En la actualidad las personas consumen medios en pequeñas pantallas individuales, la información se vuelve fundamental para el día a día y los usuarios comienzan a demandar contenidos vinculados a los contextos que habitan.

Uno de estos medios digitales son las aplicaciones móviles, las cuales han crecido a un ritmo casi exponencial, muy a la par del desarrollo tecnológico de los teléfonos móviles, las tabletas y otros dispositivos digitales.

El proyecto nace de la necesidad real de la Cámara Nacional de Comercio de Coatzacoalcos (CANACO), interesada en implementar un sistema de recompensas en los comercios afiliados con la finalidad de contribuir y movilizar la economía de los ciudadanos porteños. Y se ha dividido en dos etapas: la primera, mostrar el proceso de desarrollo de la Aplicación Móvil para Clientes desarrollada bajo la metodología Scrum, implementando el nuevo enfoque de desarrollo de servicios de aplicaciones la Transferencia de Estado Representacional (API REST) [1]. La API REST es la parte nodal y central que recibe peticiones por las tres aplicaciones que conforman el software: la App móvil del Comercio, la App móvil para Clientes y la App de la Administración, además de funcionar como enlace a la base de datos.

Por lo que, se inicia por el levantamiento de requisitos: requerimientos funcionales y no funcionales, el desarrollo de un prototipado de alta fidelidad y el desglose de escenarios y diagramas de casos de uso. En la etapa de modelado/diseño se muestra la diagramación en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML): vista lógica, vista de procesos, vista de despliegue y la vista física. En la codificación se explica la Arquitectura de Android Jetpack, y en la etapa de pruebas, se explica la aplicación de las pruebas: de unidad, de integración y sistema.

La segunda etapa, constará del desglose minucioso del lanzamiento/despliegue del producto y de la evaluación con usuarios reales e integrar los servicios de analytics para así iterar y mejorar en las siguientes versiones del Proyecto.

II. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

El marco de trabajo elegido para el desarrollo de este proyecto es una adaptación de SCRUM ya que al no contar con un equipo de desarrollo para la App para clientes, solo se llevó a cabo con una persona, se tuvo que ajustar SCRUM a este proyecto manteniendo la característica de los Sprints y llevando a cabo reuniones semanales para el control del avance de todo el sistema de recompensas CANACO, y con el equipo de desarrollo de las dos aplicaciones restantes se realizaron reuniones periódicas para efectuar peticiones de métodos al equipo encargado del API REST y establecer la lógica de los métodos entre las tres aplicaciones.

Las fases de desarrollo establecidas para este proyecto fueron; la planeación, el levantamiento de requisitos, modelado, construcción y pruebas.

Planeación: se utilizó el software de administración de proyectos Trello, para llevar un control de las actividades a realizar cada semana y así contar con una estimación de cuánto tiempo llevaría el proceso de desarrollo.

Requisitos de software: se obtuvieron los requerimientos funcionales y no funcionales, generándose como artefactos, un prototipado de alta fidelidad, escenarios y diagramas de casos de uso.

Modelado: se usó el software de diagramación Enterprise Architect para la elaboración de los diagramas UML con la vista lógica, vista de procesos, vista de despliegue y la vista física para la correcta documentación de la aplicación móvil.

Construcción: Para esta fase se usó el entorno de desarrollo Android Studio para la construcción de la aplicación móvil, el patrón arquitectónico MVVM (modelo – vista – modelo de vista) [2] y Git Hub como repositorio para el proyecto utilizando el sistema de control de versiones Git.

Pruebas: Postman como herramienta para el testing de la API REST, Junit para las pruebas unitarias y Mockito para la realización de las pruebas a la aplicación.

Despliegue: aún no se llega a ejecutar esta etapa, sin embargo se tiene contemplado para esta fase el despliegue recomendado por Android, el cual consiste en lanzar la aplicación por medio del sistema Google Play Console y de esta forma tener un mejor control del lanzamiento y del estado de la misma, y realizar el lanzamiento por etapas, hacer pruebas abiertas y cerradas con comentarios de verificadores, probar una versión de la App con usuarios de confianza, además ofrece un panel de control de versiones donde se puede ver el rendimiento de la versión de producción más reciente con respecto a instalaciones, desinstalaciones, actualizaciones, calificaciones, opiniones y fallas.

III. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Los requerimientos son enunciados, en un lenguaje natural junto con diagramas, acerca de qué servicios esperan los usuarios del sistema, y de las restricciones con las cuales éste debe operar.

Los requerimientos para un sistema son descripciones de lo que el sistema debe hacer: el servicio que ofrece y las restricciones en su operación. Tales requerimientos reflejan las necesidades de los clientes por un sistema que atienda cierto propósito, como sería controlar un dispositivo, colocar un pedido o buscar información [3].

A. *Requerimientos funcionales y no funcionales*

Requerimientos funcionales: Son enunciados acerca de servicios que el sistema debe proveer, de cómo debería reaccionar el sistema a entradas particulares y de cómo debería comportarse el sistema en situaciones específicas. En algunos casos, los requerimientos funcionales también explican lo que no debe hacer el sistema [4].

- Registrar empleados en la aplicación
- Editar empleados para poder cambiar datos de su perfil
- Eliminar empleados que ya no estén laborando en el comercio
- Ver empleados registrados
- Registrar ofertas con imágenes
- Editar ofertas que no estén vencidas
- Eliminar ofertas que no estén vencidas
- Ver todas las ofertas registradas estén o no vencidas
- Registrar tickets de venta de manera rápida
- Ver todos los tickets registrados en el comercio y su estado
- El campo de monto acepta únicamente valores numéricos con dos decimales como máximo
- El campo fecha de registro de ticket acepta únicamente fechas anteriores o igual al día de hoy (día actual)
- La aplicación móvil controlará el acceso y lo permitirá solamente a usuarios autorizados
- Los usuarios deben ingresar al sistema con un correo y contraseña y así obtener un token único
- Cualquier intercambio de datos vía internet que realice el software se realizará por medio del protocolo encriptado https

Requerimientos no funcionales: Son limitaciones sobre servicios o funciones que ofrece el sistema. Incluyen restricciones tanto de temporización y del proceso de desarrollo, como impuestas por los estándares. Los requerimientos no funcionales se suelen aplicar al sistema como un todo, más que a características o a servicios individuales del sistema [5]

- Toda funcionalidad de la aplicación y transacción debe responder al usuario en menos de 5 segundos
- Los datos modificados en la base de datos deben ser actualizados para todos los usuarios que acceden en menos de 3 segundos
- Los permisos de acceso a funciones de la aplicación podrán ser cambiados solamente por el administrador
- El tiempo de aprendizaje del sistema por un usuario deberá ser menor a 4 horas
- La aplicación debe proporcionar mensajes de error que sean informativos y orientados a usuario final
- La aplicación será desarrollada para la plataforma Android.

B. *Prototipado de Alta fidelidad*

Es un método donde el prototipo utilizado para la prueba corresponde con la interfaz real en la mayor medida posible. Un prototipo de alta fidelidad es una representación totalmente navegable y muy similar al producto final en términos de interacción, funcionalidad y diseño [6].

Con el uso de la aplicación web de Adobe Color se estableció la armonía cuadrada como gama de color para el diseño, teniendo como color base el usado en el logo de la página web de la CANACO.

Como familia de tipografía para la aplicación, se eligió por medio de la aplicación web de Adobe Fonts a Droid Serif porque que da un toque formal pero no muy serio.

Los iconos son obtenidos de la página web de flaticon, se usan iconos acordes al objetivo de botones relevantes para identificarlos con facilidad, esto ayuda a una mayor eficacia a la hora de buscarlos y también los hace intuitivos.

C. *Escenarios de casos de uso*

Una tabla de casos de uso es un formato estructurado basado en texto que se utiliza para capturar uno o más casos de uso. Ver Tabla 1.

Independientemente del formato de la tabla, cada caso de uso generalmente tendrá algunos campos clave:

- Título: el título de un caso de uso debe ser breve y descriptivo
- Actores: todos los casos de uso tendrán por lo menos un actor
- Objetivo: debe tener una oración o dos para describir su objetivo
- Flujos: los flujos son escenarios detallados paso a paso y casos de error.

Nombre del caso de uso:	Iniciar sesión	Fecha:	Septiembre-2020
Actor(es):	Administrador, Gerente, Empleado		
Objetivo:	Iniciar una sesión de usuario en el sistema.		
Precondiciones:	Abrir la aplicación.		
Flujo principal:	1. El usuario inicia la aplicación. 2. El sistema muestra los campos "Email" y "Contraseña". 3. El usuario ingresa los datos. 4. El usuario selecciona el botón iniciar sesión. 5. El sistema valida los datos. 6. El sistema inicia sesión. 7. El sistema muestra el menú principal.		
Flujo secundario:	6. El sistema determina que los datos están mal. 7. El sistema le muestra un mensaje de error. 8. El sistema muestra la pantalla iniciar sesión nuevamente.		
Postcondiciones:	Ninguna		

Tabla 1. Caso de uso "Iniciar sesión"

D. Diagramas de casos de uso

En los diagramas de casos de uso se busca representar de forma gráfica la interacción de estos, en este caso se tienen 3 actores, los cuales son empleado, gerente y administrador. Los 3 roles se generalizan en un solo rol, es decir, el usuario. Ver Fig 1.

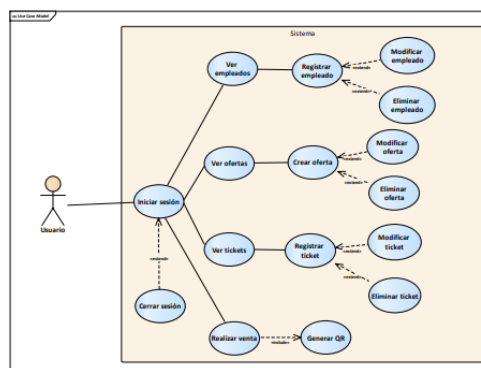


Figura 1. Usuario con los casos de uso

IV. MODELADO/DISEÑO

El modelado de sistemas se ha convertido en un medio para representar el sistema usando algún tipo de notación gráfica, que ahora casi siempre se basa en notaciones en el Lenguaje de Modelado Unificado (UML), Ver Fig 2. [7] [8].

A. Vista lógica

En esta vista se representa la funcionalidad que el sistema proporcionará a los usuarios finales. Es decir, se ha de representar lo que el sistema debe hacer, y las funciones y servicios que ofrece.

1) Diagrama de comunicación

Un diagrama de comunicaciones, inicialmente llamado un diagrama de colaboración, es un diagrama de interacción que muestra información similar a los diagramas de secuencia, pero su foco principal es en la relación de objetos.

2) Diagrama de secuencia

Un diagrama de secuencia es una forma de diagrama de interacción que muestra los objetos como líneas de vida a lo largo de la página y con sus interacciones en el tiempo representadas como mensajes dibujados como flechas desde la línea de vida origen hasta la línea de vida destino.

3) Diagrama de clases

El diagrama de clases muestra los bloques de construcción de cualquier sistema orientado a objetos. Los diagramas de clases describen la vista estática del modelo o parte del modelo, describiendo que atributos y comportamientos tienen.

B. Vista de procesos

En esta vista se muestran los procesos que hay en el sistema y la forma en la que se comunican estos procesos; es decir, se representa desde la perspectiva de un integrador de sistemas, el flujo de trabajo paso a paso de negocio y operacionales de los componentes que conforman el sistema.

1) Diagramas de actividades

Se usan para mostrar la secuencia de actividades. Los diagramas de actividades muestran el flujo de trabajo desde el punto de inicio hasta el punto final detallando muchas de las rutas de decisiones que existen en el progreso de eventos contenidos en la actividad.

C. Vista de despliegue

En esta vista se muestra el sistema desde la perspectiva de un programador y se ocupa de la gestión del software, se va a mostrar cómo está dividido el sistema software en componentes y las dependencias que hay entre esos componentes.

1) Diagrama de componentes

Los diagramas de componentes ilustran las piezas del software, controladores embebidos, etc. que conformarán un sistema. Un diagrama de componentes tiene un nivel más alto de abstracción que un diagrama de clase.

2) Diagrama de paquetes

Los diagramas de paquetes se usan para reflejar la organización de paquetes y sus elementos.

D. Vista física

En esta vista se muestra desde la perspectiva de un ingeniero de sistemas todos los componentes físicos del sistema, así como las conexiones físicas entre esos componentes que conforman la solución.

1) Diagrama de despliegue

Un diagrama de despliegue modela la arquitectura en tiempo de ejecución de un sistema. Esto muestra la configuración de los elementos de hardware (nodos) y muestra cómo los elementos y artefactos del software se trazan en esos nodos.

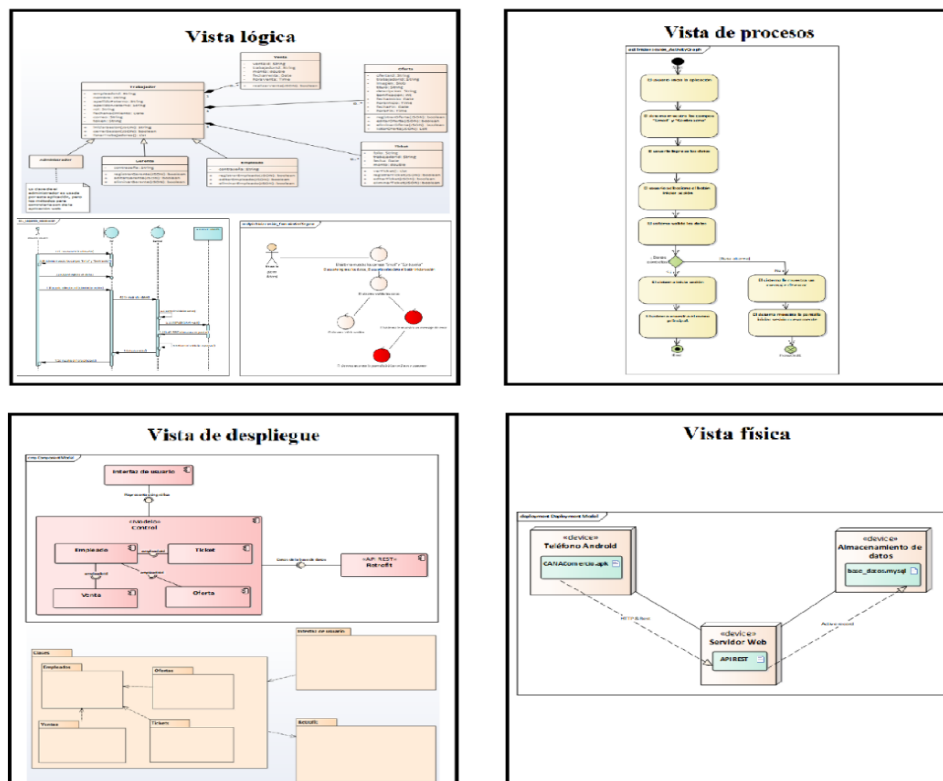


Fig. 2. Diagramas de vistas en la etapa de modelado/diseño

V. CODIFICACIÓN

Se desarrolló la aplicación siguiendo el patrón arquitectónico MVVM (modelo – vista – modelo de vista) [7]:

1. El modelo, representa la capa de datos y/o lógica de negocio.
2. La vista presenta la información y es activa, reaccionando a cambios en el modelo.
3. El modelo de vista es un actor intermediario entre el modelo y la vista y contiene toda la lógica de presentación.

Dentro de la construcción de la aplicación móvil se siguió la arquitectura de Apps recomendada por Android Jetpack para este patrón arquitectónico. Ver Fig. 3.

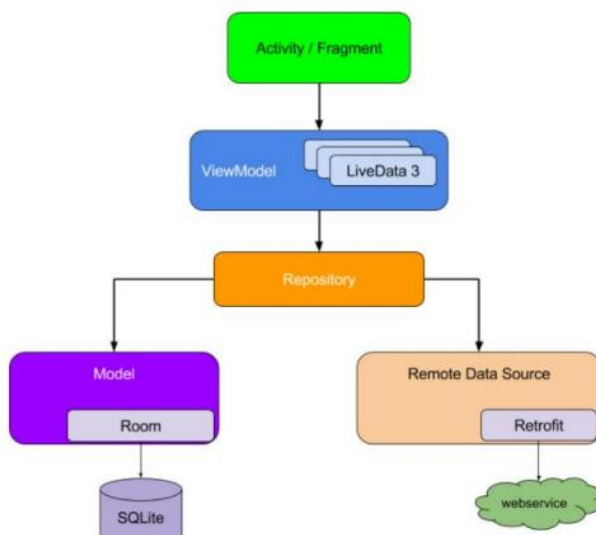


Fig. 3. Arquitectura de Android Jetpack

En este patrón de arquitectura cada componente solo depende del componente que está un nivel más abajo. Por ejemplo, las actividades y los fragmentos solo dependen de un modelo de vista [9]. El repositorio es la única clase que depende de otras clases. En la aplicación móvil a desarrollar, el repositorio depende de una fuente de datos de backend remota. Este diseño crea una experiencia del usuario consistente y agradable.

La aplicación móvil hace uso de buenas prácticas como lo son la validación de entradas, codificación de salidas, manejo de errores de tal forma que el usuario solo sepa lo que necesita saber de un error, testeo de código, dividir los procesos complejos en varios más sencillos y correcta nomenclatura de clases, métodos y variables, garantizando de esta forma la facilidad de mantenimiento, escalabilidad y la pronta localización y resolución de errores.

Se validan las entradas de datos de dos formas, usando expresiones regulares y limitando el teclado en pantalla de Google dependiendo del campo a llenar, por ejemplo, en el campo de monto se ocupa un textBox de tipo número, el cual elimina los caracteres alfabéticos en el teclado.

Se aplica la convención de nombres de Java:

- En las clases se usan nombres descriptivos, que sean sustantivos y siguiendo el estilo de escritura Upper CamelCase
- En las variables locales, variables de instancia y variables de clase se sigue el estilo de escritura Lower CamelCase
- En los métodos se deben usar verbos en Lower CamelCase
- Las constantes se deben escribir en mayúsculas separadas por guiones bajos

VI. PRUEBAS

Las pruebas intentan demostrar que un programa hace lo que se intenta que haga, así como descubrir defectos en el programa antes de usarlo. Al probar el software, se ejecuta un programa con datos artificiales. Hay que verificar los resultados de la prueba que se opera para buscar errores o anomalías [10].

A. Pruebas de unidad

Se realizaron pruebas a cada módulo de la aplicación con la ayuda de Mockito y Junit, las pruebas unitarias son muy fáciles de realizar en Android Studio, se configuran los valores que se deben ingresar en los textBox y el resultado que se espera.

B. Pruebas de integración

Las pruebas de integración fueron realizadas dentro del entorno de desarrollo de Android Studio, estas pruebas fueron realizadas manualmente guiándose por el diagrama de casos de uso, de tal forma que se iba haciendo un seguimiento de cada caso, y pasando al siguiente caso como si el usuario final hiciera uso de la aplicación, marcando cada caso de uso como completado solo si la transición de un módulo a otro era la correcta, probando también los flujos alternos establecidos en las tablas de casos de uso.

C. Pruebas de sistema

Las pruebas de sistema se realizaron en 4 dispositivos diferentes para determinar los requisitos con los que debe cumplir el teléfono móvil en el cual se quiera utilizar la aplicación.

Con estas pruebas se determinó que los requisitos mínimos del dispositivo para ejecutar la aplicación móvil:

- Android 8.1, • 1.5 GB de RAM. • 10 MB de espacio libre, • Procesador de 4 núcleos

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo ha mostrado el proceso del aplicativo en una primera etapa del proyecto se ha mostrado la implementación de las fases del desarrollo (planeación, requisitos, modelado, construcción y pruebas) de un producto de software. En este sentido se mostró la generación de artefactos, la utilización de tecnologías específicas, la implementación de la arquitectura MVVM que desacopla lo máximo posible la interfaz de usuario de la lógica de la aplicación, sumado la incorporación de la API REST, de esta manera se ha planificado realizar en una segunda etapa del proyecto, el despliegue/lanzamiento con la evaluación de usuarios reales y buscar integrar los servicios de analytics y así poder iterar para las mejoras en las siguientes versiones del proyecto.

Se logró cumplir con el objetivo de desarrollo planteado para esta aplicación, desarrollar una App móvil para clientes permitiendo tener el control del registro de clientes, tickets de compras, ofertas/promociones y consulta del total de puntos CANACO, e integrar la aplicación a un sistema de recompensas de puntos para la Cámara Nacional de Comercio de Coatzacoalcos.

Cabe señalar que, en el desarrollo de un producto de software, en algunas ocasiones se suele prescindir o dedicar a la documentación como artefactos en las etapas de análisis y modelado, sin embargo, como se observó en lo expuesto, se minimizaron los riesgos en la codificación de la App y redujo la pérdida de tiempo, debido a que una correcta definición de requisitos, actividades y funciones permite que los cambios posteriores sean mínimos.

La selección de la arquitectura MVVM recomendada por Android permitió el desarrollo de una aplicación de manera rápida y organizada. Con esto se logra, que el acceso a los datos, la lógica de negocio y la interfaz gráfica sean componentes independientes que logran que la aplicación sea flexible y de fácil mantenimiento para el equipo de desarrollo.

El sistema de recompensas CANACO es un proyecto grande que necesita contar con un equipo robusto de desarrollo para proceder a la etapa de despliegue, por eso se sugiere que se incorpore a un responsable del diseño para la interfaz gráfica de usuario, se considera que la aplicación necesita mejoras respecto al diseño, y además se propone que a todo un equipo de desarrollo para refinar el proyecto, que, aunque ya es una aplicación funcional, necesita tener una mejoría en el rendimiento de la aplicación.

También tal vez como para una tercera etapa del proyecto, se considere el desarrollo de una aplicación para otros sistemas operativos como iOS o HarmonyOS, que abarque una mayor cantidad de usuarios y no limitar la aplicación sólo a usuarios Android.

Como valor agregado es dar a conocer paso a paso la aplicación del proceso de desarrollo de este producto de software, bajo la línea de investigación que propone un mecanismo de generación de API REST que mantenga comunicación con la Base de Datos y con tres App: App móvil Comercio, la App móvil Cliente y la App Web Administración. Y con respecto a REST en una organización, incorpora mejoras sustanciales lo que permite descomponer las arquitecturas tradicionales en partes más pequeñas, el servicio implementado fue un API REST. En donde cada servicio es independiente, permitiendo que un servicio pueda ser reemplazado, mejorarlo o abandonarlo, sin afectar a los demás servicios de la arquitectura. Todo lo anterior, en el contexto del desarrollo dirigido por modelo – vista – modelo de vista, MVVM.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la oportunidad y confianza brindada a la CANACO (Cámara Nacional de Comercio) de la Ciudad de Coatzacoalcos por hacernos partícipes en el desarrollo de este proyecto de software, desde el área de desarrollo que se ubica en el Programa Ingeniería de Software, el cual ha sido beneficioso, en varios sentidos, en términos de aprendizaje, al aplicar la esencia de la práctica, en vinculación, entre otros.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alamilla Luis & at el. REST architecture for enterprise web application development. Revista electrónica sobre ciencia, tecnología y sociedad. ISSN: 2448-6493, Vol 8 Núm 15, 2021.
- [2] Sorensen, E., Mikailasc, M.: Patrón de diseño Model-View-ViewModel (MVVM) con la tecnología Windows Presentation Foundation (WPF). MegaByte J. 9, 1–19, 2010.
- [3] Sommerville, I. Ingeniería de Software. México: Pearson Educación, p. 83, Sep 2011.
- [4] Sommerville, I. Ingeniería de Software. México: Pearson Educación, p. 85, Sep 2011.
- [5] Sommerville, I. Ingeniería de Software. México: Pearson Educación, p. 85, Sep 2011.
- [6] Pressman, R. S. Ingeniería del software UN ENFOQUE PRÁCTICO. Ciudad de México : The McGraw-Hill, p. 290, 2010.
- [7] Fowler, M. (2003). Patterns of Enterprise application Architecture. Addison-Wesley.
- [8] OMG Unified Modeling Language (OMG UML), Superstructure, Version 2.4.1, Object Management Group Std., Rev. 2.4.1, 2022. [Online]. Available: <http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1>
- [9] Sommerville, I. Ingeniería de Software. México: Pearson Educación, p. 119, Sep 2011.
- [10] Sommerville, I. Ingeniería de Software. México: Pearson Educación, p. 206, Sep 2011

Aplicación de Procesamiento de Imágenes y Análisis de Texto para Detección de Plagio en Reportes de Proyectos

Computer Vision and Text Analysis Tools to detect Plagiarism on Tech Reports

Marlly Yuleth Cantú-Charles, María Fernanda Coronado-Alejos, Daniela Estefanía Huerta-Vázquez, Annel Fernanda Uresti-Barrón, Marco Aurelio Nuño-Maganda, Yahir Hernández-Mier

Universidad Politécnica de Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, 87138 México.
mnunom@upv.edu.mx

Resumen — En este trabajo se reporta una aplicación de escritorio que sirva para que los profesores puedan analizar los trabajos de sus estudiantes y puedan detectar en flagrancia intentos de plagio. El sistema propuesto utiliza técnicas de análisis de imágenes y visión por computadora para extraer de un grupo de archivos PDF las imágenes contenidas para su posterior comparación. Además, extrae el texto y mediante una herramienta de análisis de similitud de textos detecta en base al texto para encontrar aquellos textos que son muy parecidos. El usuario puede seleccionar mediante una interfaz los documentos que serán analizados, y los resultados son presentados en forma de una matriz de similitud entre los documentos analizados, tanto en la parte de las imágenes como en el texto, y de esta forma el docente pueda tomar acciones correctivas si hay una certeza del plagio entre los informes analizados

Palabras clave: procesamiento de imágenes; análisis de texto; detección de plagio.

Abstract —In this work, we report a desktop application for teachers to analyze their students' work and for plagiarism detection attempts in flagrance. The proposed system uses image analysis and computer vision techniques to extract the images contained in a group of PDF files for later comparison. In addition, it extracts the text and through a text similarity analysis tool, it detects based on the text to find those texts that are very similar. The user can select the documents to be analyzed through an interface, and the results are presented in the form of a similarity matrix between the analyzed documents, both in the images and in the text, and in this way, the teacher can take corrective actions if there is a certainty of plagiarism among the analyzed reports

Keywords: image processing; text analysis; plagiarism detection.

I INTRODUCCIÓN

En este trabajo, se muestra la propuesta de solución cuya problemática radica en la detección de plagio en archivos PDF, esto se debe de llevar a cabo al extraer el texto y las imágenes de los archivos y posteriormente, realizar una comparación entre los mismos. Lo anterior se debe de implementar en una interfaz gráfica, que permita al usuario cargar los archivos a analizar y que finalmente le permita visualizar los resultados obtenidos. Este proyecto se realizó en el lenguaje de programación *Python* [1].

Para la elaboración del proyecto se implementó una herramienta para comparar los textos de archivos de texto y mencionar que tan parecidos eran entre sí, por lo que a raíz de ello se partió para realizar la detección de plagio en archivos PDF, tanto en texto como en imágenes. No obstante, dicho algoritmo debe llevar interfaz gráfica generada a través de la librería *PyQt5* [2], de modo que esta nos permita hacer la selección de múltiples archivos PDF, al igual que nos permita mostrar las tablas [3] de comparativa entre cada uno de ellos.

Antes de comenzar con el desarrollo del código para este proyecto, se consideró pertinente realizar una investigación sobre los recursos disponibles y los beneficios que brindan. De acuerdo a la finalidad del

proyecto, se consideró la utilidad *pdftotext* [4] que nos permite convertir archivos PDF a archivos de texto simple. Así mismo, para la extracción de las imágenes se investigó la librería *PyMuPDF* [5] y la librería *PIL* [6] para abrir las imágenes detectadas. Para la parte de la interfaz gráfica que se tiene que presentar, se investigó *PyQt5* [7].

Una vez que se concluyó la investigación pertinente, se inició el desarrollo de la interfaz gráfica. Debido a que la problemática del proyecto se soluciona mediante el análisis de archivos PDF, la interfaz debe de permitir seleccionar estos archivos y cargarlos al sistema para su posterior análisis. Además, los archivos seleccionados deben de mostrarse al usuario mediante la interfaz. Otra función que debe de integrarse en la interfaz es la visualización de los análisis que se están realizando, es decir, los nombres de los archivos y el resultado correspondiente del análisis de plagio, tanto para la parte de imágenes como para el texto.

Después de terminar con el diseño de la interfaz continuamos con el desarrollo del código. Lo primero con lo que se comenzó a trabajar fue en la extracción de los textos de los PDF; para poder llevar a cabo dicha acción utilizamos la librería *pdftotext*, los textos extraídos se guardaron en archivos .txt con el mismo nombre que tenía el archivo original. Por otro lado, para poder extraer las imágenes se utilizó la librería *fitz* y el método *Image* de la librería *PIL*. El nombre de las imágenes extraídas es el mismo que el archivo original, sumando el número de imagen y la hoja en la que se encontró dentro del documento; además, las imágenes se guardaron en carpetas con el mismo nombre del archivo original.

Todos los documentos .txt y las imágenes que se fueron generando a lo largo del procesamiento de la información se fueron almacenando en la carpeta Archivos, la cual se encuentra dentro de los archivos del proyecto.

Cuando se terminó de extraer la información requerida de los PDF originales para realizar la detección del plagio, se comenzó a desarrollar el código para la comparación de dichos elementos. Para poder llevar a cabo la comparación de los textos obtenidos se implementaron métodos de la librería *sklearn* tales como *TfidfVectorizer* y la métrica *cosine_similarity* [8]; dichas utilidades nos permitieron analizar la similitud de los textos sin importar su tamaño para posteriormente arrojar resultados con un valor entre 0 y 1, donde el 0 significa que los textos son completamente diferentes y el 1 significa que los textos analizados son iguales.

Para realizar la comparación de las imágenes se utilizó la métrica *structural_similarity*, la cual funciona al analizar grupos de píxeles para determinar si las imágenes son iguales; por esto mismo, se consideró utilizar ésta utilidad ya que los cálculos son más precisos porque evita pequeños cambios que pueden presentar las imágenes en cuanto al ruido y variaciones [9].

Las imágenes se compararon de tal forma que todas las imágenes de un documento PDF se compararan con todas las imágenes de otro documento, es decir, fue una comparación de todas a todas; por esto, los valores que se muestran en la interfaz (en la comparación de imágenes), son los resultados de las imágenes que tuvieron el más alto nivel de similitud. Además, para aquellos documentos PDF que no contaban con imágenes, se consideró que el nivel de similitud obtenido en la comparación sería de 0, puesto que no había forma de realizar un análisis de las imágenes de ambos archivos.

Es así, que una vez que se han comparado los textos de los documentos y sus imágenes, los resultados obtenidos se muestran en la interfaz gráfica mediante elementos tales como listas y tablas proporcionados por la utilidad *PyQt5*. De igual forma, el usuario puede decidir si desea guardar la información obtenida del análisis: todos los datos se almacenan en un archivo .csv mientras que la información de los archivos con la más alta coincidencia se almacenan en un archivo de texto simple (.txt). Ambos documentos se almacenan en la carpeta Salidas, la cual se puede encontrar dentro de la carpeta del proyecto.

II IMPLEMENTACIÓN

La aplicación implementada requiere su ejecución desde una terminal, en donde se debe escribir el nombre del archivo principal. El programa inicia con el despliegue de la interfaz gráfica, como podemos ver en la figura 1, donde observamos la organización de la misma. Para la interfaz se utilizaron botones de acción para llevar a cabo la carga de los documentos así como para guardar los archivos obtenidos como resultados; también se utilizaron listas para mostrar los documentos seleccionados y aquellos archivos que obtuvieron el nivel más alto de similitud. Mientras que para poder mostrar todos los resultados obtenidos del análisis se pensó en mejor utilizar una tabla que almacenara toda la información recabada en lugar de utilizar las cuatro listas, tal como se tenía en un inicio.

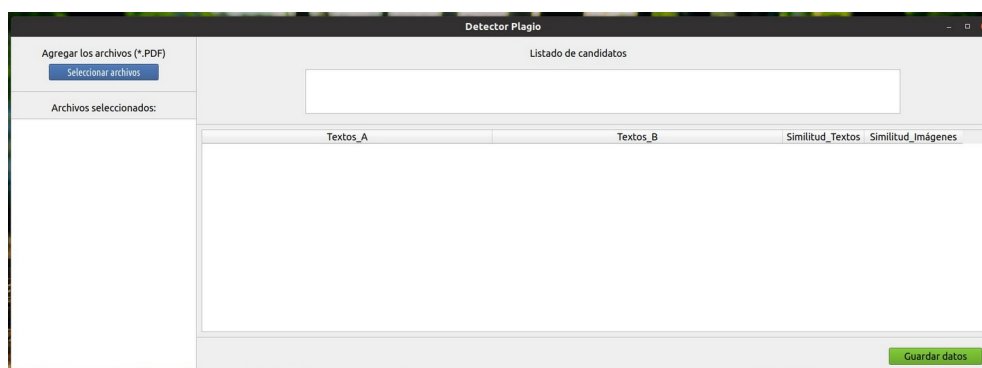


Figura 1. Interfaz gráfica

En la figura 2 podemos ver la selección de los archivos PDF que se van a analizar, mismos que se pueden comprobar en la pantalla del programa. Para ingresar los documentos al programa es necesario seleccionarlos todos juntos. Los archivos que se utilizaron para realizar las pruebas se encuentran dentro de la carpeta DocumentosPruebas, la cual también va incluida entre los archivos del programa.

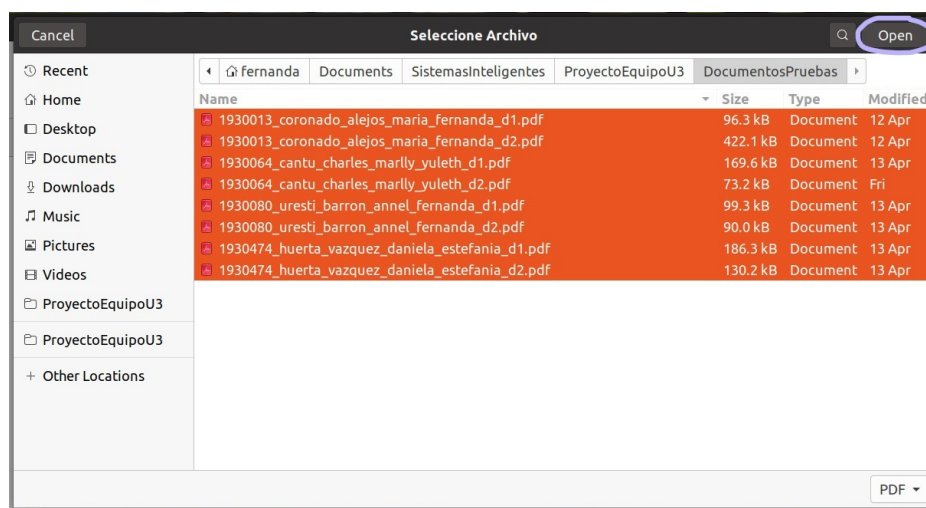


Figura 2. Selección de los archivos que serán analizados

Una vez que se han seleccionado los archivos, el sistema inicia el análisis para la detección del plagio. Cada archivo se compara con los demás archivos, de manera uno contra todos (incluidas las imágenes). Posteriormente se muestran en la tabla los resultados obtenidos de cada análisis, mostrando los valores de similitud entre el texto y las imágenes, esto lo podemos comprobar en la figura 3.

Como se mencionó en el Desarrollo Experimental, el resultado que se muestra en la columna de Similitud_Imágenes es el obtenido de la comparación entre todas las imágenes (una a todas) de los archivos mostrados en las primeras dos columnas, donde se seleccionó el valor de similitud más alto.

The screenshot shows the 'Detector Plagio' application. On the left, there's a sidebar with 'Agregar los archivos (*.PDF)' and 'Seleccionar archivos'. Below it, 'Archivos seleccionados:' lists several PDF files. The main area is titled 'Listado de candidatos' and shows a list of candidate files. Below this is a table with columns: 'Textos_A', 'Textos_B', 'Similitud_Textos', and 'Similitud-Imágenes'.

Textos_A	Textos_B	Similitud_Textos	Similitud-Imágenes
Archivos/1930013_coronado_alejos_maria_fernanda_d1.txt	Archivos/1930013_coronado_alejos_maria_fernanda_d2.txt	49.249 %	22.674 %
Archivos/1930064_cantu_charles_marilly_yuleth_d2.txt	Archivos/1930474_huerta_vazquez_daniela_estefania_d1.txt	55.793 %	0 %
Archivos/1930013_coronado_alejos_maria_fernanda_d2.txt	Archivos/1930080_uresti_barron_annel_fernanda_d1.txt	48.396 %	67.24 %
Archivos/1930080_uresti_barron_annel_fernanda_d2.txt	Archivos/1930474_huerta_vazquez_daniela_estefania_d1.txt	62.979 %	33.086 %
Archivos/1930080_uresti_barron_annel_fernanda_d1.txt	Archivos/1930080_uresti_barron_annel_fernanda_d2.txt	45.015 %	86.385 %
Archivos/1930013_coronado_alejos_maria_fernanda_d2.txt	Archivos/1930064_cantu_charles_marilly_yuleth_d1.txt	50.308 %	16.877 %
Archivos/1930064_cantu_charles_marilly_yuleth_d2.txt	Archivos/1930474_huerta_vazquez_daniela_estefania_d2.txt	50.579 %	0 %
Archivos/1930013_coronado_alejos_maria_fernanda_d1.txt	Archivos/1930064_cantu_charles_marilly_yuleth_d2.txt	61.186 %	0 %
Archivos/1930080_uresti_barron_annel_fernanda_d1.txt	Archivos/1930474_huerta_vazquez_daniela_estefania_d2.txt	60.941 %	76.137 %

At the bottom right, there is a 'Guardar datos' button.

Figura 3. Resultados obtenidos del análisis

De igual forma, al momento en que se está analizando la información de los documentos PDF ingresados al programa, éste último va creando archivos y carpetas dentro de la carpeta Archivos, los cuales son utilizados para realizar el análisis de la detección de plagio. En la figura 4 se pueden observar los archivos que se fueron generando durante el procesamiento de la información.

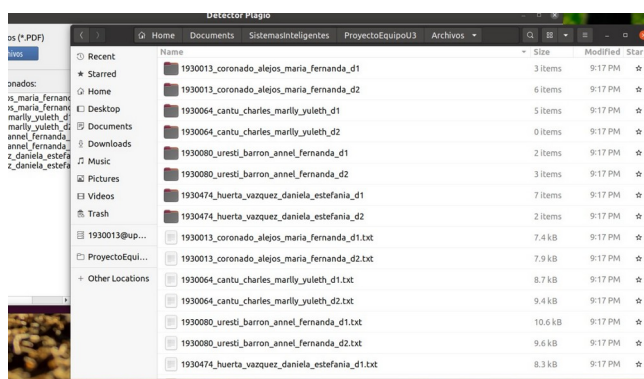


Figura 4. Almacenamiento de los resultados generados

Para finalizar, el usuario puede decidir si desea almacenar la información recabada durante el uso del sistema. Para esto, debe hacer clic en el botón Guardar datos, el cual generará dos archivos: un csv donde se almacenan todos los datos y un txt donde se guardan los nombres de los archivos con los valores de similitud más altos.

En la figura 5 se muestra el mensaje que le indica al usuario dónde puede encontrar los archivos generados; por otro lado, en la figura 6 se muestra la carpeta donde se encuentran almacenados así como un vistazo del archivo csv.

III RESULTADOS

Con la finalidad de evaluar la funcionalidad del sistema, se realizaron algunas pruebas con documentos PDF, en donde a base de su contenido se detectó cierto contenido de plagio en algunas secciones. Para comprobar la funcionalidad, se emplearon 10 documentos, aunque el sistema puede lidiar con una mayor cantidad de documentos. En la tabla 1, es posible observar que hay documentos (D1, D2 y D3) cuyo texto tiene un porcentaje de similitud muy alto en comparación con el resto de los documentos (por este motivo se resaltan). Al revisar a detalle los documentos, fue posible corroborar dicha similitud. Parte del texto extraído de estos documentos se muestran en las figuras 7 y 8. En la tabla 2, es posible notar algo que no es notorio utilizando solo el texto. Los documentos D6 y D7 tienen imágenes similares (se comprobó mediante inspección visual que ambos documentos compartían las mismas impresiones de pantalla), aún cuando el porcentaje de similitud en la tabla 2 no hace evidente dicha situación. El significado de los ceros en las filas y columnas de esta tabla implica que dichos documentos no tienen imágenes, por lo que no es posible su comparación directa en contraste con aquellos que sí tienen imágenes en su contenido. También puede involucrar que el informe está incompleto, dado que es muy difícil que un informe técnico de un proyecto no contenga imágenes.

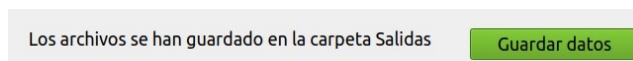


Figura 5. Almacenamiento de los resultados generados

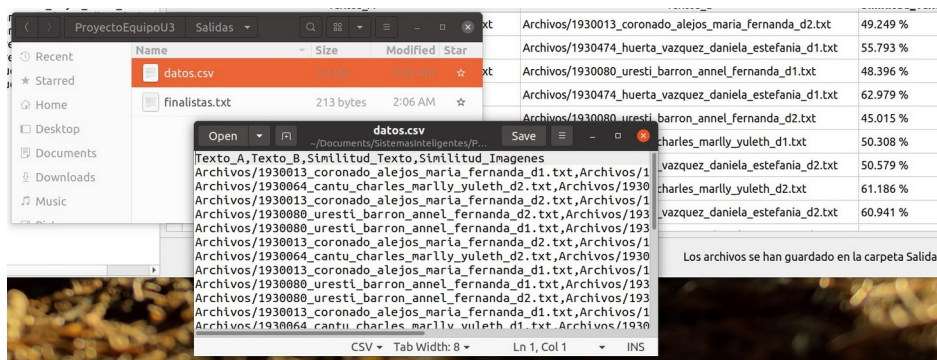


Figura 6. Almacenamiento de los resultados generados

```

14 [1] Introducción:
15 El objetivo de esta práctica es para la discretización de la señal con la función:
16  $x(t) = \sin(2\pi Ft)$  por medio del software Python a través de unas de las librerías
17 que Python en el cual codificaremos la función para que sea muestreada en
18 varias gráficas cuando se encuentre la analógica discreta
19 Para comprender mejor la siguiente práctica estos son unos de sus conceptos
20 básicos:
21 Señal analógica:
22 Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno
23 electromagnético; que es representable por una función matemática continua en
24 la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.
25 Señal Discreta:
26 Una señal discreta solo tiene valores en una cantidad discreta de puntos. La
27 diferencia está en que estos valores pueden tomar cualquier valor, es decir, no
28 están cuantificados.
29

```

Figura 7. Primer ejemplo de texto analizado con la herramienta propuesta en este artículo.

```

15 Introducción:
16 El objetivo de esta práctica es el de discretizar la señal con la función:  $x(t) = \sin(2\pi Ft)$  por
17 medio del software Python a través de una de las librerías que Python en el cual codificaremos
18 la función para que sea muestreada en varias gráficas cuando se encuentre la analógica,
19 discreta y analógica discretizada.
20 Para llevar a cabo la siguiente práctica veremos unos conceptos básicos:
21
22 Señal analógica:
23 Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno
24 electromagnético; que es representable por una función matemática continua en la que es
25 variable su amplitud y periodo en función del tiempo.
26
27 Señal Discreta:
28 Una señal discreta solo tiene valores en una cantidad discreta de puntos. La diferencia está en
29 que estos valores pueden tomar cualquier valor, es decir, no están cuantificados.
30

```

Figura 8. Segundo ejemplo de texto analizado con la herramienta propuesta en este artículo

TABLA I COMPARACIÓN BASADA EN EL TEXTO DE LOS DOCUMENTOS

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
D1	1.00	0.82	0.88	0.58	0.63	0.65	0.55	0.56	0.55	0.71
D2	0.82	1.00	0.87	0.75	0.60	0.60	0.58	0.69	0.69	0.58
D3	0.88	0.87	1.00	0.60	0.69	0.62	0.71	0.55	0.54	0.64
D4	0.58	0.75	0.60	1.00	0.65	0.71	0.60	0.54	0.69	0.72
D5	0.63	0.60	0.69	0.65	1.00	0.53	0.71	0.78	0.61	0.70
D6	0.65	0.60	0.62	0.71	0.53	1.00	0.58	0.60	0.62	0.73
D7	0.55	0.58	0.71	0.60	0.71	0.58	1.00	0.74	0.60	0.58
D8	0.56	0.69	0.55	0.54	0.78	0.60	0.74	1.00	0.60	0.74
D9	0.55	0.69	0.54	0.69	0.61	0.62	0.60	0.60	1.00	0.63
D10	0.71	0.59	0.64	0.72	0.70	0.73	0.58	0.70	0.63	1.00

TABLA II COMPARACIÓN BASADA EN IMÁGENES DE LOS DOCUMENTOS

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
D1	1.00	0.70	0.00	0.00	0.75	0.65	0.65	0.65	0.00	0.00
D2	0.70	1.00	0.00	0.00	0.76	0.75	0.77	0.77	0.00	0.00
D3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D5	0.75	0.75	0.00	0.00	1.00	0.69	0.70	0.70	0.00	0.00
D6	0.65	0.65	0.00	0.00	0.73	1.00	0.73	0.73	0.00	0.00
D7	0.65	0.65	0.00	0.00	0.84	0.83	1.00	1.00	0.00	0.00
D8	0.65	0.65	0.00	0.00	0.84	0.83	1.00	1.00	0.00	0.00
D9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

IV CONCLUSIONES

En el presente documento, se propone una solución para el proyecto en equipo de la unidad tres, en el cual, fue necesario desarrollar un programa que detecte el plagio entre documentos PDF, tanto en el texto como en las imágenes que estos contienen. Lo anterior debe mostrarse al usuario mediante una interfaz gráfica.

Dicha solución fue posible gracias a la investigación realizada en diversas fuentes y en la documentación de algunas de las librerías, así como a la explicación oportuna

V REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 G. Van Rossum and F. L. Drake, Python 3 Reference Manual. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009.
- 2 R. C. Limited., "PyQt5 Reference Guide." <https://doc.bccnsoft.com/docs/PyQt5/>, 2022. Consultado el 15-04-2022.
- 3 B. M. Harwani, Qt5 Python GUI Programming Cookbook: Building Responsive and Powerful Cross-Platform Applications with PyQt. Packt Publishing, 2018.
- 4 S. Epskamp, M. B. Nuijten, and M. M. B. Nuijten, "Package statcheck," 2014.
- 5 Python, "PyMuPDF Documentation — PyMuPDF 1.19.6 documentation," Consultado el 15-04-2022.
- 6 M. Driscoll, Pillow: Image Processing with Python. Independently Published, 2021.
- 7 M. Fitzpatric, Create GUI Applications with Python & Qt5. Independently published, 2020.
- 8 B. Li and L. Han, "Distance weighted cosine similarity measure for text classification," in International conference on intelligent data engineering and automated learning, pp. 611–618, Springer, 2013.
- 9 M.-J. Chen and A. C. Bovik, "Fast structural similarity index algorithm," Journal of Real-Time Image Processing, vol. 6, no. 4, pp. 281–287, 2011.

La Experiencia y percepción estudiantil del software Open Roberta Lab en un curso introductorio de robótica educativa en Costa Rica

Irene Hernández Ruiz

Escuela de Informática Universidad Nacional, Costa Rica
irene.hernandez.ruiz@una.cr

Carolina Gómez Fernández

Escuela de Informática Universidad Nacional, Costa Rica
carolina.gomez.fernandez@una.cr

Luis Alejandro Fallas Carvajal

Escuela de Informática Universidad Nacional, Costa Rica
luis.fallas.carvajal@est.una.ac.cr

Resumen — El presente trabajo quiere dar a conocer la percepción estudiantil acerca del uso de Open Roberta Lab el cuál se utilizó en un curso introductorio y optativo de robótica educativa que se impartió en la Escuela de Informática de la Universidad Nacional en el segundo ciclo lectivo 2021 a una población de 25 estudiantes, 15 hombres 9 mujeres y 1 estudiante que no indicó el género. Además, se presenta las características de este entorno, y los principales resultados que se obtuvieron con el desarrollo de la experiencia. Con el fin de promover el uso de entornos de trabajo en el cual los estudiantes puedan apreciar la aplicación de la programación por bloques en un entorno de simulación donde puede probar directamente las instrucciones de los algoritmos que ellos plantearon.

Palabras Claves: *robótica educativa; Open Roberta; innovación educativa.*

Abstract— The present work wants to publicize the student perception about the use of Open Roberta Lab, which was used in an introductory and optional course of educational robotics that was taught at the School of Informatics of the National University in the second school year 2021 at a population of 25 students, 15 men 9 women and 1 student who did not indicate the gender. In addition, the characteristics of this environment are presented, and the main results obtained with the development of the experience. In order to promote the use of work environments in which students can appreciate the application of block programming in a simulation environment where they can directly test the instructions of the algorithms that they proposed.

Keywords: *educational robotics; Open Roberta; educational innovation.*

I. INTRODUCCIÓN

Una de las áreas que a los estudiantes les llama más a la atención es la robótica educativa, en la Escuela de Informática¹ de la Universidad Nacional en Costa Rica, se ofrece como un curso optativo de carrera desde el año 2007. Esto quiere decir que dentro de su plan de estudios, los estudiantes tienen un conjunto de materias optativas las cuales pueden ser seleccionadas a su gusto y preferencia entre su currícula.

Este curso tiene como objetivo el desarrollar un sistema robótico por medio de lenguajes de programación y simuladores virtuales de hardware, que dé solución a algún problema, integrando diversas técnicas y tecnologías. Para lograr este objetivo, se plantea un curso en el cual en cada semana se desarrolle un reto específico y se brinde una solución construyendo un modelo de robot desarrollado con el kit de LEGO EV3. Para el año 2021, en Costa Rica todas las universidades públicas implementaron un modelo de participación

¹ <https://www.escinf.una.ac.cr/>

estudiantil a clases por medio de la presencialidad remota, esto quiere decir que los estudiantes se conectan por medio de herramientas como ZOOM² o Microsoft TEAMS³ para recibir sus lecciones.

Luego de mucha investigación en la búsqueda de herramientas que les permitiese a los estudiantes poder resolver problemas haciendo uso de modelos de robot educativos, se decidió hacer uso de la herramienta Open Roberta Lab, la cual se describirá más adelante. Con el fin de poder aplicarla para el primer semestre del 2022. Se presenta de esta manera la experiencia desarrollada, sus principales resultados, una discusión sobre el tema y finalmente la sección de conclusiones/trabajos a futuro. Con el fin de dar a conocer una propuesta innovadora en el área de la robótica educativa que puede ser implementada en otras regiones del país o bien poder extenderla a otros países.

II. MARCO TEÓRICO

Los robots han generado interés por su uso en las escuelas desde [1]; sin embargo, cuando se introdujeron sus tortugas Logo en la década de 1980, demostraron ser poco confiable, costoso y limitado [2]. Papert en el año 1968 creó el lenguaje Logo, la cual es una potente herramienta para la enseñanza de la programación de computadores, que ayuda al pensamiento lógico-matemático. A partir de entonces, ha existido un trabajo en esta área del pensamiento lógico matemático en la cual se ha desarrollado un lenguaje más gráfico conocido en algunas partes como un lenguaje por bloques. Los lenguajes de programación basados en bloques representan el programa de computadora con un diagrama que muestra bloques rectangulares o prismoidales juxtapuestos en un ensamblaje [3].

El aprendizaje y aplicación de la programación permite a las personas solucionar problemas de cualquier nivel de manera creativa y en cooperación con otras personas, como lo indica [4] “Los conceptos computacionales que utilizan para abordar y resolver problemas, gestionar nuestra vida cotidiana y para comunicarnos e interactuar con otras personas”, por otra parte para [5] “el Pensamiento Computacional es una metodología basada en la implementación de los conceptos básicos de las ciencias de la computación para resolver problemas cotidianos, diseñar sistemas domésticos y realizar tareas rutinarias”.

III. PROPUESTA METODOLÓGICA

La propuesta metodológica se propone sistematizar un conjunto de saberes teóricos y prácticos que favorecen el alcance de aprendizajes significativos; se propician espacios en los que se evidencia el desarrollo de las competencias cognitivas, procedimentales y actitudinales desarrolladas por el estudiante a lo largo de un programa formativo [6]. Para el desarrollo del curso se hizo uso del aprendizaje activo como metodología para desarrollarlo, en el cual el participante tiene un rol principal. Esto quiere decir que durante el desarrollo del curso, el estudiante puede interactuar directamente con la herramienta y poder desarrollar durante los laboratorios la solución a problemas para dar solución a retos en el área de la robótica educativa.

Si bien existen otras herramientas para el trabajo de la robótica educativa como lo es la herramienta LEGO EV3, en el cual si tiene un componente de programación gráfica para el desarrollo de soluciones y se puede descargar al robot físico para poderlo aplicar. Sin embargo, por la pandemia de la COVID-19, fue necesario buscar una herramienta que permitiese simular en un entorno gráfico el comportamiento del robot al implementar una programación gráfica. Por lo anterior, se realizaron diferentes pruebas con el entorno de Open Roberta LAB, en el cual se logró probar que en un solo entorno se podía programar un robot, y varias soluciones que se trabajan en el área de la robótica educativa. De esta manera se decide realizar una primera experiencia con este entorno.

Para este estudio de caso se da a conocer la herramienta de Open Roberta LAB. Con la iniciativa Roberta - Learning with Robots, Fraunhofer IAIS ha desarrollado e implementado un concepto creciente para ayudar a los profesores y estudiantes directamente en el aula con talleres y tutoriales desde el año 2002. Roberta es una fuente abierta en-entorno de programación de línea para la enseñanza y el aprendizaje con integración flexible de hardware creado en Alemania con el fin de aumentar el interés de los niños en las profesiones técnicas [1] Un objetivo principal del proyecto Open Roberta es trabajar en una plataforma de software para la difusión de un kit de desarrollo de robots escalable, fácil de enseñar y basado en la nube

Open Roberta⁴ trabaja con el lenguaje de programación por bloques es NEPO, el cuál es un metalenguaje de programación de código abierto que se puede utilizar en Open Roberta Lab. NEPO se traduce como "Nueva programación en línea sencilla", las ideas de apariencia visual y usabilidad siguen conceptos bien conocidos implementados por herramientas como Scratch [7]. En la figura 1 se visualiza el entorno al seleccionar el modelo EV3.

² <https://zoom.us/>

³ <https://www.microsoft.com/es-es/education/products/teams>

⁴ <https://www.roberta-home.de/en/initiative/publikationen/>

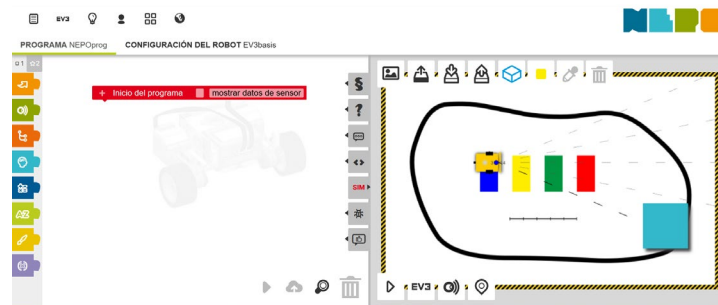


Figura 1. Ambiente de desarrollo de Open Roberta

A continuación, se presenta algunos de los casos de éxito de Open Roberta en el mundo, con el fin de que sean de referencia para futuros casos de estudio.

Tabla1. Caso de Éxito en otras partes del mundo

Año	País	Público (niños, jóvenes)	Logros/resultados	Problemática
2021 ⁵	Alemania	Estudiantes de primaria y secundaria sin conocimiento de aprendizaje automático	Los estudiantes ganaron amplios conocimientos sobre el aprendizaje automático y la Inteligencia Artificial	Introducir el aprendizaje automático en estudiantes
2020 ⁶	Alemania	Niños a partir de 7 años de edad	Hasta enero del 2020 "Roberta" ha llegado a más de 450000 niños en Alemania	Inspirar a los estudiantes en materias STEM
2018 ⁷	Alemania	Estudiantes de escuela primaria		Hacer que la programación sea accesible sin una computadora
2017 ⁸	Alemania	Estudiantes desde tercer grado de primaria		Enseñar conocimientos básicos en informática y programación
2017 ⁹	Alemania	Alumnos desde tercer grado	En mayo del año 2017, lanzaron un proyecto en conjunto con los partidarios de Google y la empresa microcontroladores Calliope. Fraunhofer IAIS está capacitando a 100 maestros en Berlín para que se conviertan en maestros de Roberta, y 2500 Calliope mini se están distribuyendo a las escuelas primarias con fondos de Google	Facilitar la enseñanza de la programación en la vida escolar
2017 ¹⁰	Alemania	Maestros de escuela	Alrededor de 500 nuevos profesores de Roberta recibirán formación en 2017 y numerosas escuelas estarán equipadas con hardware de aprendizaje	Cambiar el sistema educativo y traer más habilidades mediáticas al plan de estudios.

IV.RESULTADOS

Se realizó en cuestionario en Google Forms, en el cual tuvo como objetivo conocer la percepción del estudiantado con respecto al uso y aplicación de la herramienta de Open Roberta en el curso. Los participantes contaban con una edad promedio de 22 años y eran estudiantes pertenecientes a tercer o cuarto año de la carrera de Informática, ubicados en las provincias de Heredia, Cartago, San José y Alajuela en Costa Rica.

Entre los principales resultados, se encuentra que el 100% de los participantes consideraron que esta herramienta favorece su proceso de aprendizaje en el área de la robótica educativa, así como también que el uso de un lenguaje gráfico como el que presenta NEPO, le permiten concentrarse en el desarrollo de una solución para los diferentes retos que se trabajen con los robots.

Por otra parte indicaron que es una herramienta que permite ser utilizada desde herramientas como Zoom, de esta forma también por lo que se puede considerar seguir utilizando para trabajos a futuro haciendo uso de la misma para talleres fuera del Valle Central.

Se presenta además, dos de las preguntas del cuestionario, en las cuales permite visualizar los resultados en el aprendizaje de los conceptos de la programación, así como también las habilidades cognitivas alcanzadas durante el curso lectivo haciendo uso de la herramienta de Open Roberta LAB.

⁵ https://kups.uni-koeln.de/30727/1/Introducing_Machine_Learning_Using_Robots_Olari_Viktoriya.pdf

⁶ <https://ercim-news.ercim.eu/en120/special/fraunhofer-iais-iot-programming-language-nepo-in-the-open-roberta-lab>

⁷ <https://mint-zirkel.de/2018/11/programmierpapier-wie-kinder-ohne-bildschirm-coden-lernen/>

⁸ <https://mint-zirkel.de/2017/09/spielerisch-programmieren-lernen-mit-open-roberta-und-dem-calliope-mini/>

⁹ <https://www.ecdl.de/files/custom/dlgi/content/digitale%20bildung/Digitale-Bildung-Nr03.pdf>

¹⁰ <https://www.wissenschaftskommunikation.de/open-roberta-spielerisches-programmieren-6513/>

1. ¿Considera que la herramienta de Open Roberta, permite conocer una noción básica de los elementos que se requiere para aprender a programar un robot?

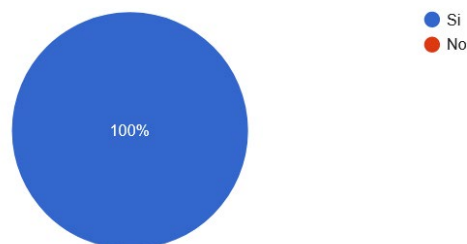


Gráfico 1. Percepción de los elementos necesarios para programar robot

En el gráfico 1 se puede visualizar que todos los estudiantes consideran que al hacer uso de esta herramienta se puede tener una noción básica para aprender a programar un robot.

2. Habilidades cognitivas en la programación que usted considera que desarrolló. Entre las habilidades cognitivas que más se representan como seleccionadas por los estudiantes se encuentran con un 84% la resolución de problemas en segundo lugar la confianza y la persistencia. En este sentido se considera que el uso de esta herramienta en el curso ha permitido desarrollar en el estudiantado estas habilidades tal y como se muestra en el gráfico 2.

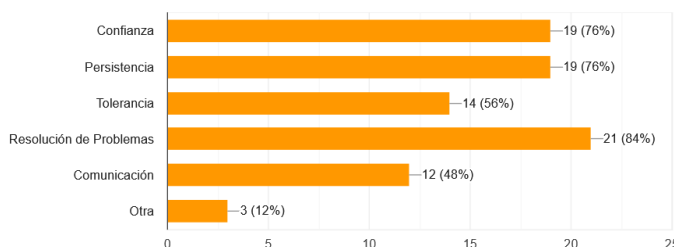


Gráfico 2. Habilidades Cognitivas

V.CONCLUSIONES

En este trabajo se puede apreciar que el uso de un lenguaje de programación por bloques facilita el aprendizaje de los estudiantes en el tema de la robótica educativa. La percepción del uso de Open Roberta en este curso es que ha sido muy bien aceptado por los estudiantes y los mismos consideran que es una buena opción en atención a la situación de la COVID-19.

Se espera que se pueda formular un taller básico haciendo uso de Open Roberta para poder compartirlo con la comunidad que desee aprender sobre el tema de la robótica educativa y además aprovechar el uso de herramientas para teleconferencias para poder llegar a otras regiones de nuestro país.

VI.REFERENCIAS

- [1] A. Bauer, E. Butler and Z. Popović, "Approaches for teaching computational thinking strategies in an educational game: A position paper," *2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)*, 2015, pp. 121-123, doi: 10.1109/BLOCKS.2015.7369019.
- [2] T. S. McNerney, "From turtles to tangible programming bricks: Explorations in physical language design," *Pers. Ubiquit. Comput.*, vol. 8, no. 5, pp. 326-337, 2004.
- [3] E. P. Glinert, "Towards "second generation" interactive, graphical programming environments," in *2nd IEEE Computer Society Workshop on Visual Languages*, 1986, pp. 61-70.
- [4] Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://dx.doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- [5] Olabe, X. B., Basogain, M. Á. O., & Basogain, J. C. O. (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia*, (46).
- [6] Aguilar Gordón, F. del R. (2020). La propuesta metodológica como una alternativa para la integración de saberes. *Cátedra*, 2(2), 94-110. <https://doi.org/10.29166/catedra.v2i2.1708> (Original work published 29 de mayo de 2019)
- [7] Ángel-Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R., & León, C. (2020). Simulador de Robótica Educativa para la promoción del Pensamiento Computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.410191>

La era del marketing digital en las droguerías de Colombia

The era of digital marketing in Colombian pharmacies

Carolina-Rosa Williams-Echeverri, Luz-Angela Zorro-Zorro y Sonia-Janneth Limas-Suárez

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Tunja, Boyacá-Colombia
carolina.williams@uptc.edu.co; angela.zorro@uptc.edu.co; sonia.limas@uptc.edu.co

Resumen — La era digital ha dado paso a verdaderas transformaciones en el entorno empresarial, la incorporación de las nuevas tecnologías y plataformas digitales da paso al marketing digital, esta dinámica ha hecho que la localización de las farmacias en el mundo digital sea una prioridad en la actualidad. Es por esto que el mercado farmacéutico evoluciona según las circunstancias de la sociedad, la dinámica del mercado y las necesidades del consumidor reconociendo que a través del marketing digital no solo capta nuevos clientes, aumenta las ventas y fideliza clientes, también favorece el crecimiento empresarial. El estudio es descriptivo, su objetivo es realizar un análisis del marketing digital en las droguerías de Colombia. Los resultados, las droguerías muestran una dinámica hacia el crecimiento en el uso de herramientas digitales como canal alternativo de comercialización; sin embargo, aunque se trata de un sector tradicionalmente con atención de forma presencial, se requiere mayor posicionamiento en el mercado digital como estrategia de crecimiento empresarial.

Palabras clave; *marketing digital; marketing farmacéutico; droguerías; consumidor digital*

Abstract — The digital age has given way to true transformations in the business environment, the incorporation of new technologies and digital platforms gives way to digital marketing, this dynamic has made the location of pharmacies in the digital world a priority today. This is why the pharmaceutical market evolves according to the circumstances of society, market dynamics and consumer needs, recognizing that through digital marketing it not only attracts new customers, increases sales and retains customers, it also favors business growth. The study is descriptive, its objective is to carry out an analysis of digital marketing in drug stores in Colombia. The results, drugstores show a dynamic towards growth in the use of digital tools as an alternative marketing channel; however, although it is a sector traditionally attended in person, greater positioning in the digital market is required as a business growth strategy.

Keywords; *digital marketing; pharmaceutical marketing; drugstores/pharmacies; digital consumer*

I. INTRODUCCIÓN

Aunque se trata de un sector tradicionalmente fuera de línea con atención de forma presencial, las nuevas necesidades en las plataformas tecnológicas han hecho que la presencia de las droguerías y/o farmacias crezca en el mundo digital. Arriesgarse por la estrategia del marketing para farmacias en la era digital ayuda a establecer relaciones positivas para afianzarlas de forma más sólida y duradera con los clientes.

La era digital ha marcado un verdadero reto en los diferentes sectores de la sociedad, lo que ha conducido a cambios importantes y profundos de una sociedad que se mueve en entornos altamente competitivos [1]. Con la era digital surgen los avances tecnológicos que permean todas las esferas de la sociedad [2]. A partir de la revolución tecnológica como el internet y la incursión de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación – TIC en la sociedad, ha dado paso a verdaderas transformaciones trascendiendo en el entorno empresarial [3]. De esta manera se necesita desarrollar nuevas estrategias de marketing haciendo énfasis en lo digital ya que es preponderante para conseguir mejores resultados dentro de un ámbito cada vez

más globalizado y competitivo sin olvidar que el marketing farmacéutico está encaminado a un sector con muchas restricciones y limitaciones al tratarse de productos relacionados con la salud.

Hoy en día los usuarios de la web realizan búsquedas de las farmacias para facilitar el acceso y conocer directamente la información concerniente a los productos, las ofertas, las promociones lo que incita a visitar las droguerías. El nuevo consumidor busca información online antes de adquirir los productos, compara y se apoya de las opiniones de otros usuarios, y aunque los medicamentos prescritos tendrán que comprarse de forma presencial, muchas personas prefieren ya hacer sus compras online [4]; por lo tanto, “si la intención es mantenerse competitiva en el mercado” [4] la localización de la farmacia en el mundo digital es una prioridad en la actualidad.

Con el uso de las nuevas tecnologías y las plataformas digitales se busca generar confianza en los clientes para fidelizarlos y fortalecer las oportunidades de compra de manera virtual como una opción en el mercado farmacéutico. El marketing digital no solo capta nuevos clientes, aumenta las ventas y fideliza clientes, también favorece el crecimiento empresarial. Bajo esta concepción y por la importancia que representa la incursión del marketing digital en la gestión comercial de las empresas farmacéuticas, donde las farmacias-droguería y las droguerías forman parte [5], fue lo que motivó al desarrollo de este estudio. El presente documento tiene como objetivo principal realizar un análisis del marketing digital en las droguerías de Colombia.

El documento presenta la siguiente estructura, una fundamentación teórica; seguido, se presenta el método de la investigación, los resultados y discusión, y finalmente se plantean unas conclusiones.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el abordaje literario se presentan los siguientes aportes conceptuales sobre marketing digital, y su aporte en el campo empresarial:

Para Chaffey y Ellis [6] define marketing digital como la aplicación de medios digitales, datos y tecnología combinados con las comunicaciones tradicionales para cumplir con los objetivos del marketing.

Olguín y otros [7] manifiestan que el marketing digital ha cambiado la forma en que se dan a conocer las organizaciones con sus clientes, ha transformado la manera en que las empresas y otras organizaciones se comunican con su audiencia y la forma en que éstas hacen negocios permitiendo llegar a un mayor número de clientes de manera más rápida, directa y bajo costo a través de internet haciendo uso del marketing digital.

Núñez y otros [8] señalan que el marketing digital es el conjunto de procesos realizados en plataformas tecnológicas por medio de la utilización de aplicaciones, softwares y gestión de contenidos y redes sociales a través de canales digitales, que permiten complementar las funciones del marketing tradicional y cuyo alcance se basaría en el entendimiento de las necesidades de los mercados y la satisfacción de las mismas a través de productos y servicios que les generen un alto valor añadido.

Por su parte, Bricio y otros [9] sostienen que el marketing digital es una herramienta necesaria y eficaz en las empresas, a su vez un facilitador de procesos para el comercio nacional e internacional a partir del uso de técnicas, modelos de negocios y estrategias orientadas a detectar oportunidades en los mercados digitales; para lo cual las empresas deben desarrollar formas de comunicación y se integran en un plan de marketing.

Finalmente, Limas [10] afirma que el marketing digital es la aplicación de las estrategias de mercadeo a través de internet y las tecnologías en línea (pc, tecnología móvil, plataformas y medios digitales) para promover los productos de la empresa, de manera que permita atender a las necesidades y deseos del consumidor en el entorno digital.

En concordancia con lo anterior y para los fines del presente estudio, se puede afirmar que el marketing digital es la aplicación de estrategias de mercadeo a través de plataformas tecnológicas por medio de la utilización de aplicaciones, medios digitales, software, datos y tecnología para atender a las necesidades y deseos del consumidor mediante acciones orientadas a detectar oportunidades en los mercados digitales.

III. METODOLOGÍA

Esta investigación es de carácter descriptivo, empírico y cuantitativo cuyo propósito fue realizar un análisis del marketing digital en las droguerías de Colombia. Esta información se obtiene a partir de fuente primaria mediante los resultados de la aplicación de encuestas online a estudiantes universitarios de los programas Tecnología en Regencia de Farmacia, Administración de Servicios de Salud y Administración Comercial y Financiera, en la sede principal del campus universitario en Tunja (Boyacá – Colombia) y los CREAD donde funcionan los programas en el departamento de Boyacá – Colombia, matriculados para el segundo periodo académico 2021, aplicando a una muestra de 274 estudiantes.

Esta labor se complementó con fuentes secundarias, a partir de la consulta de investigaciones previas, artículos de investigación y otros documentos. El aporte del documento se refleja en el enfoque, las reflexiones y las conclusiones.

IV. EL MARKETING DIGITAL EN LAS DROGUERÍAS

El marketing digital concurre con la incursión de la innovación, la creatividad y la tecnología a partir de nuevas herramientas digitales que aportan mayor nivel de rendimiento en las organizaciones, y se extiende en beneficios a los clientes [11]. De esta manera, la innovación tecnológica representa fuente de evolución, desarrollo y crecimiento en las empresas, atiende a las necesidades del aparato productivo a partir de la incursión de nuevos productos, procesos y tecnologías [12]. Por consiguiente, las Tecnologías de la Información y la Comunicación – TIC, han logrado posicionarse con protagonismo en la sociedad y las empresas no han sido la excepción, la incorporación de las TIC ha direccionado el actuar de las organizaciones hacia una nueva dinámica en los procesos comerciales, estratégicos y de gestión, lo que conlleva a la sostenibilidad y a una mayor competitividad en el mundo empresarial [13].

El marketing farmacéutico es la capacidad de transmitir de manera eficaz el valor diferencial de un medicamento o un producto parafarmacéutico, y esto puede ser complejo en un sector regulado y de mayor control a otros con más libertad (como la industria de la moda o la tecnología) [14]. El marketing digital goza en la actualidad de una enorme evolución, gracias al mundo de posibilidades que brinda internet, las redes sociales y el desarrollo de nuevas tecnologías, donde la industria farmacéutica enfrenta las mismas necesidades que otros sectores en el momento de posicionarse en el mercado digital, dado que le permitirá “reforzar la marca, promocionar nuevos lanzamientos, transmitir el valor de los medicamentos y diferenciarse de la competencia” [14].

Desde esta perspectiva, el marketing involucra acciones, pero la finalidad principal es promover productos y servicios y hacerlos llegar a los consumidores a través de las plataformas digitales permitiendo de esta manera diferentes alternativas en las compras de los productos o en la adquisición de los servicios. Esta herramienta sirve para establecer estrategias para dar a conocer y promocionar los productos haciéndolos virales de forma rápida y sencilla, fijar los precios y hacerlos más competitivos, optimizar la distribución, abrir canales de comunicación directa con los clientes permitiendo de esta manera una fidelización y el aumento en las ventas.

El marketing digital involucra el uso del marketing de contenidos, el *inbound* marketing, el marketing relacional, el mercadeo de permiso y el mercadeo convencional (ver figura 1).

Marketing de contenidos	• Se basa en generar informaciones que ayuden a posicionar la marca (generación de contenidos de salud para promover medicamentos)
<i>Inbound</i> marketing	• Se realiza con la finalidad de que los clientes encuentren nuestra marca, lo importante es ofrecer información útil, sin llamar la atención de manera agresiva
Marketing relacional	• Los clientes son lo más importantes y la forma de hacer negocio cambia, ya que primero se piensa en los deseos y necesidades de los clientes a fin de personalizar el producto
Mercadeo conversacional	• Busca que los clientes, tanto actuales como potenciales, hablen positivamente de la marca
Mercadeo de permiso	• Es el que necesita autorización del cliente para que la empresa le envíe información o publicidad sobre sus productos/servicios

Figura 1. Tipos de marketing digital
Fuente. Elaboración propia

De esta manera, la tecnología se ha convertido en un aliado estratégico para las empresas al incursionar con nuevos canales de compra en el mercado, los colombianos están modificando sus hábitos de compra; tal situación ha direccionando el actuar de las empresas hacia nuevos modelos de negocios en entornos digitales encontrando nuevas oportunidades de crecimiento empresarial [3], en consecuencia el sector farmacéutico paso de un mercado tradicional a la creación y aplicación de un marketing digital.

La nueva era de la digitalización de las farmacias conlleva a una interacción entre las marcas y sus consumidores permitiendo detectar sus opiniones, necesidades y deseos, y de esta manera brindar la información y asesoría oportuna abriendo la posibilidad de una recompra lo que permitiría el posicionamiento de la farmacia.

Por otra parte, la creación de comunidades virtuales empieza a influir en las dinámicas propias de los comercios a través de la generación de nuevos estilos de vida, modernos hábitos de consumo y nuevos conceptos de marketing, que facilitan permear en nuevos segmentos de clientes, mercados, proveedores o competidores [15].

A. E-commerce farmacéutico

Esta modalidad de compra es dinámica y ha tenido una marcada aceptación en el mercado digital, de ahí su evolución y desarrollo, representa una alternativa benéfica, cómoda y segura para adquirir productos, lo que representa una ventaja y oportunidad de crecimiento empresarial. Además, facilita segmentar el mercado ya sea por hábitos de consumo, hábitos de compra, así como identificar perfiles basados en la experiencia del cliente a fin de atender mejor a sus requerimientos [3].

En la actualidad el modelo de negocio de las farmacias paso de ser presencial off line a pensarse y enfocarse a través de internet y en definitiva ser online, toda vez que se tiene en cuenta las apreciaciones de los clientes mediante el uso de herramientas como: redes sociales, email marketing, envío de mensajes por dispositivos móviles APP y motores de búsqueda. Muchas empresas sin importar su finalidad o tamaño han adoptado las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC para lograr innovación y crecimiento empresarial a través del comercio electrónico permitiendo ampliar las oportunidades en los procesos de oferta y compra de los establecimientos farmacéuticos.

El e-commerce farmacéutico hace uso de las tecnologías para el desarrollo de los procesos como la incursión de plataformas usable y accesible para la toma de pedidos, la suscripción y reposición de recetas en línea, la atención digital, la gestión de inventarios, entre otras (ver figura 2).

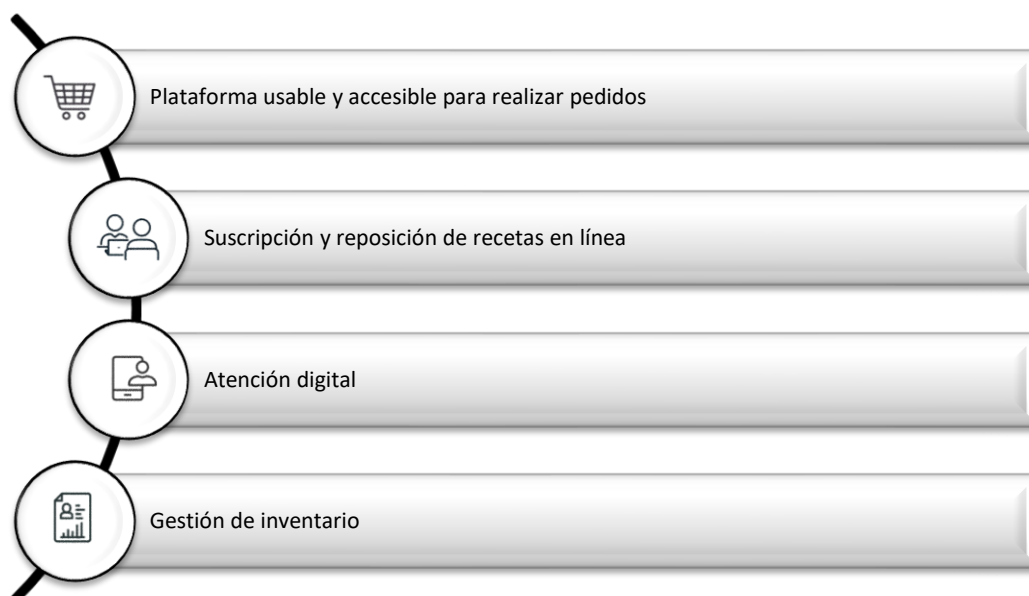


Figura 2. Tendencia del e-commerce farmacéutico

Fuente. Elaboración propia
Imágenes: www.gettyimages.es

Para De la Fuente [16] el e-commerce en la farmacia abre la posibilidad a dos grandes opciones que mejoran notablemente el futuro del establecimiento; por un lado, internet supone la posibilidad de ampliar el mercado a uno más global, por otro, no solo se limita a la venta, también puede concebirse como una herramienta de compra anticipada que supone un plus de fidelización para el cliente y la posibilidad de generar tráfico al local físico de la farmacia. Es necesario tener en cuenta que existen otros dos tipos de e-commerce con los que la farmacia compite, el primero es el que ofrecen las cadenas de consumo (supermercados, perfumerías) que incorporan en sus sitios web un apartado de venta específico de productos ligados a la farmacia y, por otro, algunos laboratorios deciden lanzar sus propias tiendas online para ofrecer sus productos, de este modo se evitan intermediarios tales como las droguerías y farmacias.

Con el modelo de negocio farmacéutico a pesar que la era digital ofrece numerosas oportunidades de innovación y cercanía a los productos requeridos en la farmacia, todavía para el público no existe comodidad ante el tema del uso de los canales digitales que generen confianza toda vez que la costumbre de la venta cara a cara genera mayor expectativa en la compra. Para nadie es un secreto que el poder interactuar con el personal facilita las opciones al usuario de la farmacia.

Por otra parte, en el sector farmacéutico es imperante encontrar nuevas vías y formas de comunicación para fortalecer el diálogo, la formación continua, creación de nuevas expectativas, interacción con el entorno y los clientes en pro de determinar la excelencia comercial mejorando el impacto sobre los actores del sistema: el profesional y el paciente.

En efecto, a raíz de los avances tecnológicos resultado de la era digital del siglo XXI, ha dado paso a nuevos modelos de negocio en las empresas. El e-commerce es una nueva modalidad de negociación para la compra y venta de productos por internet, el estudio resalta la importancia de este canal de comercialización que cada día adquiere más impulso y la necesidad de su implementación en las empresas del país como canal alternativo de comercialización [3]. A continuación, se hace una comparación entre la compra on-line y la compra física en los establecimientos farmacéuticos (ver figura 3).

Aspecto	Compra on-line	Compra física
Proceso de compra	Se hace desde casa u otro sitio mediante cualquier dispositivo con conexión a internet	Se efectúa personalmente, acudiendo a la tienda física (droguería)
Productos	Ofrece mayor variedad de productos y posibilidades de comparación en los diferentes punto de venta	Los usuarios pueden tener contacto con los productos (tocar, oler) porque están expuestos in situ
Servicio: inmediatez	El cliente busca recibir el pedido de forma rápida y ágil	Ya existe, hay una droguería una cerca a otra
Precio: descuentos	El cliente que compra por internet busca una mejora en el precio, o promoción interesante. Se asume el costo del transporte	El cliente habitual no está dispuesto a regatear por medicamentos para recibir mejores precios
Oportunidad de compra	El cliente anticipa la compra de un producto	Busca adquirir el producto cuando realmente lo necesita
Atención al cliente	La atención al cliente se hace por diferentes medios como redes sociales, e-mail, teléfono	La atención al cliente es personalizada, atenta y confiable

Figura 3. Comparación compra on-line y compra física

Fuente. Adaptado De la Fuente [16] y otros documentos

De esta manera, se destaca que la compra on-line se caracteriza por la comodidad en el momento de comprar independientemente del sitio de ubicación lo que permite ahorrar tiempo porque evita el desplazamiento; permite comparar precios, descuentos y ofertas promocionales en internet; facilita el acceso y la variedad de productos difíciles de encontrar en puntos de venta física o en otros sitios en internet, ayuda en la obtención de información de productos de manera detallada y por tanto, hacer comparaciones de producto; el producto se compra on-line y se recibe en casa.

Mientras tanto, en la compra tradicional o en físico es necesario el desplazamiento a los puntos de venta lo que requiere disponer de mayor tiempo para adquirir los productos; los clientes pueden ver, tocar, oler, sentir el producto lo que influye en la decisión y proceso de compra; la adquisición del producto es inmediata y al momento una vez se realiza el pago; facilita el asesoramiento con el vendedor sobre el (os) producto (s) que mejor atiendan la necesidad del cliente lo que genera confianza y ayuda el proceso de compra.

Finalmente, las compras en tiendas físicas como las droguerías y farmacias mantienen su encanto para la mayoría de los consumidores, pero no se puede desconocer que las compras en línea representan el futuro e implican un cambio en la manera de comprar y consumir [17]. Mientras que las tiendas físicas para el caso las droguerías y farmacias siguen teniendo la delantera y ofrecen experiencias distintivas para mantener a sus clientes, las tiendas en línea enfrentan barreras y obstáculos para convertir los visitantes on-line (prospectos) en clientes efectivos [17].

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El servicio farmacéutico no puede ser ajeno a la evolución tecnológica de la sociedad en un mundo cada vez más globalizado, donde el manejo de la información se hace en tiempo real lo que favorece que la población pueda dar solución a sus problemas de manera más oportuna. Es por esto, que desde hace un tiempo en la farmacia se evidencia un proceso de transformación digital con el fin de adaptar el servicio a los nuevos tiempos y a los cambios para garantizar la atención de los pacientes. A continuación, se realiza un análisis del marketing digital en las droguerías de Colombia.

- Porcentaje de consumidores que compran por internet

TABLA I COMPRAS EN DROGUERÍAS POR INTERNET

OPCIÓN DE RESPUESTA (Xi)	FRECUENCIA ABSOLUTA (Ni)	FRECUENCIA RELATIVA (Fi)
Si	44	16%
No	228	84%
TOTAL	272	100%

Fuente. Elaboración propia

Cuando se indaga en los consumidores por conocer la realización de compras en droguerías por internet, se puede observar que el 84% de los encuestados no han realizado compras en droguerías por internet, mientras que el 16% manifiestan haber comprado por este canal de comercialización. (ver tabla I). Los resultados permiten evidenciar que la adopción de estas herramientas digitales como canal de compra aún es baja, el realizar el proceso de compra ya sea por página web, tienda virtual, redes sociales u otro mecanismo digital aun es baja cuando se piensa en la compra y adquisición de productos farmacéuticos y otros elementos. Sin embargo, el 16% de los encuestados ya tienen la experiencia de compra por medios digitales lo que indica la incursión en el uso de estas herramientas como canal de compra para la adquisición de productos, por lo que es necesario estimular el proceso y hacer que este canal de comercialización se fortalezca por los beneficios que representa tanto para las droguerías como para los clientes y/o usuarios de sus productos y servicios; de hecho algunas farmacias otorgan en medicamentos precios más económicos si se compran por internet y que no necesiten prescripción médica.

- Razones de compra de productos por internet

TABLA II RAZONES DE COMPRA DE PRODUCTOS DE DROGUERÍA POR INTERNET

OPCIÓN DE RESPUESTA (Xi)	FRECUENCIA ABSOLUTA (Ni)	FRECUENCIA RELATIVA (Fi)
Facilidad en el proceso de compra	29	65%
Mayor información de productos	9	21%
Información publicitaria y promocional	5	11%
Información de nuevos productos	1	3%
TOTAL	44	100%

Fuente. Elaboración propia

Así, las razones de compra de productos de droguería por internet radican en la facilidad en el proceso de compra, el obtener mayor información de los productos, el lograr mayor información publicitaria y promocional de los diferentes productos que venden las droguerías y el observar información de nuevos productos (ver tabla II). En consecuencia, el 65% considera importante la facilidad en el proceso de compra lo que genera una ventaja en el momento de adquirir productos por internet, el 21% encuentran trascendental la disposición de mayor información sobre los productos lo que facilita la adquisición y compra de los mismos, el 11% resalta la conveniencia por la información publicitaria y promocional que se

observa a través de estos canales digitales lo que influye en la decisión de comprar de los productos e incentiva la compra por estos canales, y finalmente, el 3% considera relevante la información que se encuentra acerca de nuevos productos lo que facilita el conocimiento sobre la existencia de los mismos, al tiempo incita a la adquisición de estos para satisfacer nuevas necesidades y deseos de los consumidores facilitando el acceso a los mismos por medio de estos canales digitales. Estos canales de información a través de la web favorecen la interacción del sector farmacéutico con la sociedad para mantenerla informada y actualizada acerca de los productos de consumo en las droguerías.

Como se observa, las ventajas que obtienen los consumidores de adquirir los productos farmacéuticos y otros elementos por internet se encaminan hacia la facilidad en la búsqueda de información de productos lo que ayuda a obtener mayor información y a disposición en cualquier momento para mejor conocimiento de los productos por medio de estos canales digitales, esto conlleva a que se incentive la compra al tiempo que se estimule el proceso de decisión de compra y finalice con la comodidad y facilidad en el proceso de la compra, este último además de representar una ventaja, también es un requisito fundamental en el proceso de compra por internet como lo muestran los resultados.

Los consumidores utilizan los canales digitales de información para facilitar la adquisición de productos, acceso a los descuentos y promociones que publicitan las farmacias, con el fin de suplir las necesidades básicas relacionadas con las farmacias de los usuarios on-line.

- Razones de no compra de productos por internet

TABLA III RAZONES DE NO COMPRA DE PRODUCTOS DE DROGUERÍA POR INTERNET

OPCIÓN DE RESPUESTA (Xi)	FRECUENCIA ABSOLUTA (Ni)	FRECUENCIA RELATIVA (Fi)
Desconfianza en el proceso de compra por internet	162	71%
Poca información publicitaria y promocional	59	26%
Limitada información de nuevos productos	55	24%
Dificultad en el proceso de compra	50	22%
No hay información de productos	39	17%

Fuente. Elaboración propia

Frente a las razones de no compra de productos de droguería por internet, los resultados presentan una marcada inclinación por la desconfianza en el proceso de compra por internet, seguido de experiencias poco enriquecedoras en el proceso de compra como no encontrar la necesaria información publicitaria y promocional de productos, limitada información de productos nuevos, dificultad en el proceso de compra y la escasa información de productos, esto en razón a que son escasas las droguerías que tienen presencia en internet a pesar de ser una necesidad en el entorno digital.

Las cadenas de droguerías son las que mayor presencia y desarrollo han tenido en estos canales digitales ya que cuentan en su mayoría con página web, tienda virtual, catálogos digitales y presencia en redes sociales, mientras que las droguerías locales y de barrio a penas incursionan en redes sociales para la venta a domicilio de productos, luego su operatividad es local a diferencia de las cadenas de droguería en donde su expansión no es solo local sino además nacional. De esta manera, las razones de no compra de productos de droguería por internet los resultados muestran que el 71% desconfían del proceso de compra por internet, el 26% encuentran reducida información publicitaria y promocional, el 24% obtienen limitada información de nuevos productos, el 22% tienen dificultad en el proceso de compra y el 17% no encuentran información de productos (ver tabla III).

Con el fortalecimiento en el uso de las tecnologías el manejo de las redes por internet surge como una opción de compra importante para los usuarios en el servicio farmacéutico. Sin embargo, llama la atención que a pesar del fortalecimiento en los procesos on-line, hay desconfianza en la compra, no hay suficiente información de los productos por lo que el consumidor prefiere acudir a los sitios de manera presencial.

- Medios de preferencia para recibir información publicitaria y/o promocional

Una estrategia importante de marketing digital es el uso de las redes sociales como mecanismo para fortalecer criterios de fidelización, el cual se optimiza mediante estrategias como las promociones y los cupones; además, el manejo de la publicidad hace que el usuario acuda con mayor frecuencia al establecimiento farmacéutico, asimismo, se le garantice la atención y el buen servicio para suplir sus necesidades.

Al indagar por los medios de preferencia para recibir información publicitaria y/o promocional de las droguerías, se observa una marcada aceptación y favorabilidad por los medios digitales frente a los medios tradicionales.

TABLA IV MEDIOS DE PREFERENCIA PARA RECIBIR INFORMACIÓN PUBLICITARIA Y/O PROMOCIONAL DE DROGUERÍAS

OPCIÓN DE RESPUESTA (Xi)	FRECUENCIA ABSOLUTA (Ni)	FRECUENCIA RELATIVA (Fi)
Celular	142	52%
Correo electrónico	65	24%
Residencia	52	19%
Oficina	8	3%
Redes sociales	5	2%
TOTAL	272	100%

Fuente. Elaboración propia

Los avances tecnológicos del siglo XXI han trascendido y modificado las formas de comunicación corporativa en la actualidad. La era digital ha conducido a que se cuente con más herramientas de comunicación e información a partir de internet, se pasa de medios de comunicación tradicionales o análogos como los reproductores de video y los medios impresos como revistas, periódicos, folletos, volantes; a medios y publicaciones digitales como páginas web, revistas virtuales, catálogos digitales, publicidad online, videos digitales, mailing, los medios de comunicación social y publicidad en redes sociales [18].

De acuerdo con los resultados, los clientes se inclinan en favorabilidad por los mensajes de texto a celular SMS y el e-mailing como medios preferidos para recibir información publicitaria y promocional de las droguerías en primera opción, seguido de recibir correspondencia a la residencia, luego a la oficina y como última opción de preferencia la publicidad e información promocional publicada en redes sociales como Facebook e Instagram; resultados que coinciden no solo con la dinámica de compra dónde la preferencia es la compra física en establecimiento y en reducido porcentaje la compra on-line, además, el reducido número de droguerías con presencia en el mercado digital especialmente aquellas de ámbito local o municipal.

De esta manera, el 52% de los encuestados prefieren recibir información publicitaria o promocional de las droguerías a través del celular mediante mensaje de texto SMS, el 24% se inclinan por su favorabilidad hacia el correo electrónico, el 19% gustan que esta información llegue a su lugar de residencia, el 3% quisiesen que esta información llegase a la oficina, y el 2% optan por encontrar esta información a través de las redes sociales como Facebook e Instagram (ver tabla IV).

- Establecimientos de la cual se recibe mayor información promocional y/o publicitaria en internet

TABLA V DROGUERÍAS DE LA CUAL SE RECIBA MAYOR INFORMACIÓN PUBLICITARIA Y/O PROMOCIONAL

OPCIÓN DE RESPUESTA (Xi)	FRECUENCIA ABSOLUTA (Ni)	FRECUENCIA RELATIVA (Fi)
Drogas la Rebaja	108	40%
Cruz Verde	49	18%
Droguería Colsubsidio	35	13%
Droguería Alemana	35	13%
Droguería La Economía	27	10%
Farmatodo	16	6%

Fuente. Elaboración propia

Cuando se indaga por los establecimientos farmacéuticos de la cual se recibe mayor información publicitaria y/o promocional el protagonismo se lo llevan las cadenas de droguerías (ver tabla V), ya que son las que más comparten información promocional y publicitaria en internet, se observa el aprovechamiento de estos medios para llegar al mercado digital y se apoyan en los medios digitales para dar a conocer los productos farmacéuticos.

Los resultados muestran mayor presencia en el mercado digital de las droguerías de cadenas a nivel nacional opuesto al comportamiento observado en las droguerías locales. Algunas de estas funcionan bajo varias líneas de negocio como lo es dispensación de medicamentos atendiendo a un importante número de usuarios, a su vez la venta de otras líneas de producto como higiene, cosmética, infantil, maternidad, hogar y bienestar, de igual forma atienden la red de farmacias intrahospitalarias para el suministro de insumos y medicamento a otras instituciones, entre otras.

De esta manera, el mercado farmacéutico evoluciona según las circunstancias de la sociedad, la dinámica del mercado y las vivencias del consumidor. En este sentido las cadenas de farmacias se han venido

preparando para la implementación de estrategias de mercadeo que les permita tener mayor aceptación y reconocimiento por los clientes, y a su vez se fortalezcan los criterios de fidelización en cuanto a los recursos que ofrece la web, teniendo en cuenta que las droguerías que más identifican los usuarios en la red son las cadenas de farmacias a nivel nacional, mientras que las droguerías locales no cuentan con los mismos recursos digitales. Es por esto, que desde las Cámaras de Comercio se han venido desarrollando programas de reactivación económica mediante la capacitación a empresarios para el sector de droguerías, una estrategia que busca aumentar las ventas y los clientes a través de la transformación digital, innovando en procesos de venta tradicional para el fortalecimiento de capacidades digitales y comerciales que estimulen el crecimiento en estos establecimientos en tiempos de postpandemia por COVID [19].

VI. CONCLUSIONES

El marketing farmacéutico ha logrado posicionarse en el mundo de la tecnología, su evolución se ha dado a la tarea de romper esquemas convencionales, crear nuevos roles y crear estrategias de mercadeo que han permitido no solo sea más competitivo, sino también presentar resultados destacados. Las nuevas necesidades del mercado a partir de la incursión de plataformas tecnológicas en la dinámica empresarial han hecho que la presencia de las droguerías y/o farmacias también crezca en el mundo digital.

Aunque en el sector farmacéutico el proceso de digitalización se ha dado a menor velocidad debido a las normativas de carácter legal que atañen a la dispensación y promoción de algunos productos del sector, es de reconocer que se hace más atractiva la idea de proporcionar un espacio virtual en la farmacia, ya que esto ayuda en la distribución, proporciona mayor facilidad de la relación comercial gracias al apoyo de las redes sociales, incrementa los beneficios operacionales provenientes de la automatización de procesos y facilita la fidelización de los clientes, encontrando nuevas oportunidades de crecimiento empresarial.

Por lo anterior, aunque el comercio electrónico está mucho más desarrollado para sectores vinculados al ocio, la moda y otros servicios (libros, compañías aéreas, grandes marcas de ropa, accesorios, turismo, etc.), el consumidor comienza a demandar este tipo de compras en sectores relacionados con la salud y el bienestar.

Por otra parte, los colombianos están modificando sus hábitos de compra, el nuevo consumidor busca información online antes de adquirir los productos y prefiere ya hacer sus compras online, tal situación ha direccionando el actuar de las empresas hacia nuevos modelos de negocios en entornos digitales; tienen mayor acogida aquellas droguerías que operan con mayor presencia en el mercado digital por lo que, la localización de la farmacia en el mundo digital es una prioridad en la actualidad.

El presente documento tuvo como objetivo realizar un análisis del marketing digital en las droguerías de Colombia, a partir de los resultados obtenidos se sugieren las siguientes acciones estratégicas:

- Mayor presencia de las droguerías en el entorno digital especialmente las de operación local, ya que es una necesidad y atiende a los requerimientos de la era tecnológica actual.
- Estimular el proceso de compra por internet ya sea por página web, tienda virtual, redes sociales u otro mecanismo digital y hacer que este canal de comercialización se fortalezca por los beneficios que representa tanto para las droguerías como para los clientes y/o usuarios en el entorno digital.
- Facilitar la búsqueda de información de productos farmacéuticos y otros elementos por medio de canales digitales, así como facilitar el proceso de compra a fin de ser asequible la compra en el entorno digital.
- Generar confianza en el proceso de compra por internet y proporcionar mejor y mayor información de productos a fin de contrarrestar la compra presencial y fortalecer el uso de tecnología para dinamizar el proceso de compra por medios digitales como canales alternos de compra de productos.
- Hacer mayor uso de publicidad y/o promociones por medios digitales dada su marcada favorabilidad como medio de información, comunicación e interacción en los consumidores.
- Implementar las compras y transacciones en línea, así como establecer pasarela de pagos que facilite el proceso de compra en medios digitales.

Las farmacias hoy en día deben estar alertas a las tendencias tanto en marketing, modelos de negocio, sistemas de calidad, software, etc.; todo fundamentado en las necesidades reales del negocio y el mercadeo estratégico. Es así, como el marketing digital puede llegar a ser una gran ventaja competitiva, pero su incursión no puede ser improvisada; por ello, se recomienda implementar las acciones necesarias para su puesta en marcha, encontrando en el mismo nuevos canales de comercialización para promover los productos del mercado farmacéutico, de manera que permita atender a las necesidades y deseos del consumidor en el entorno digital.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. J. Limas Suárez, «Los Objetos Virtuales de Aprendizaje - OVA en la Educación Superior como estrategia formativa en la era digital. Una experiencia a partir del curso Introducción a la Administración,» de *Aplicaciones de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas - ATICA*, España, Universidad de Alcalá y Universidad Nacional de Córdoba, 2019, pp. 286-293.
- [2] S. J. Limas Suárez, «Las redes sociales como estrategia a partir de la innovación en las empresas,» de *Congreso Iberoamericano de Computación para el Desarrollo - COMPDES*, Quetzaltenango, Guatemala, 2020.
- [3] S. J. Limas Suárez, «El comercio electrónico (e-commerce) un aliado estratégico para las empresas en Colombia,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, n° E34, pp. 235-251, 2020.
- [4] A. Montes, «Marketing digital para farmacias,» 20 mayo 2020. [En línea]. Available: <https://blog.e-goil.com/es/marketing-digital-farmacias/>.
- [5] S. J. Limas Suárez, «El sector farmacéutico, eje de desarrollo estratégico. Una perspectiva desde el ámbito local,» *Innovar*, vol. 28, n° 69, pp. 149-174, 2018.
- [6] D. Chaffey y F. Ellis-Chadwick, *Digital Marketing. Strategy, implementation and practice*, seventh edition ed., Pearson, 2019.
- [7] M. M. Olguín Ramírez, A. Barrera Espinosa y S. I. Placeres Salinas, «Las redes sociales como estrategia de marketing digital en las pymes desde la perspectiva de los pequeños empresarios,» México, 2019.
- [8] E. C. Núñez Cudriz y J. D. Miranda Corrales, «El marketing digital como un elemento de apoyo estratégico a las organizaciones,» *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, vol. 16, n° 30, pp. 1-14, 2020.
- [9] K. Bricio Samaniego, J. Calle Mejía y M. Zambrano Paladines, «El marketing digital como herramienta en el desempeño laboral en el entorno ecuatoriano: estudio de caso egresados de la Universidad de Guayaquil,» *Universidad y Sociedad*, vol. 10, n° 4, pp. 103-109, 2018.
- [10] S. J. Limas Suárez, *Marketing empresarial. Dirección como estrategia competitiva*, primera ed., Bogotá D.C: Editorial Ediciones de la U, 2012, pp. 7-276.
- [11] M. Pabla Peralta, E. Salazar Araujo, Z. V. Álvarez Mendoza y J. Ortiz Cardona, «Marketing digital, elementos de la cadena de valor generadores de competitividad del sector publicitario en Barranquilla, (Colombia),» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, n° E27, pp. 201-212, 2020.
- [12] S. J. Limas Suárez, «El panorama actual de la innovación: un análisis en empresas colombiana altamente innovadoras,» *Desarrollo Gerencial*, vol. 12, n° 2, pp. 1-24, 2020.
- [13] S. J. Limas Suárez, D. F. Poveda Pineda y L. E. Sierra Forero, «Las TIC como aliado estratégico en la gestión de las empresas en Colombia,» de *XIV Congreso de Computación para el Desarrollo - COMPDES*, Managua, Nicaragua, 2021.
- [14] V. Malonda, *Marketing farmacéutico. Tendencias y estrategias*, Principio Activa, 2020.
- [15] D. A. Andrade Yejas, «Estrategias de marketing digital en la promoción de marca ciudad,» *Revista Escuela de Administración de Negocios*, n° 80, pp. 59-72, 2016.
- [16] L. De la Fuente, «La situación del e-commerce en la farmacia,» *Farmacia Profesional*, vol. 31, n° 3, pp. 5-13, 2017.
- [17] E. Csoban, «Comprar o no comprar en línea: ¿cómo decide el consumidor?,» *Debates IESA*, Caracas, Venezuela, 2020.
- [18] S. J. Limas Suárez, G. Vargas Soracá y E. J. Salazar Araujo, «La comunicación corporativa y su influencia a través de la publicidad digital. Un estudio en productos de la línea cosmética y cuidado corporal en el departamento de Boyacá (Colombia),» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, vol. E20, pp. 126-138, 2019.
- [19] A. Gutiérrez Núñez, «Cámara de Comercio de Bogotá lanza programa de reactivación para droguerías,» *Larepublica.co. Editorial La República*, 7 abril 2022.

Detección y Visualización de Jugadas en Tablero de Ajedrez mediante Visión por Computadora

Chess Plays Detection and Visualization using Computer Vision

Froylan Melquiades Wbario-Martínez, Axel Issai Alemán-Delgado, Danely Michel-Vázquez Romo, Marco Aurelio Nuño-Maganda, Yahir Hernández-Mier, Said Polanco-Martagón
Universidad Politécnica de Victoria, Ciudad Victoria, Tamaulipas, 87138 México.
mnunom@upv.edu.mx

Resumen — En este trabajo se reporta un sistema que analiza en tiempo real un video de una jugada de ajedrez, detecta los movimientos y los despliega en un tablero virtual. Para lograr este objetivo, fue necesario proponer una configuración inicial donde se capturan diferentes partidas con la finalidad de saber que operadores de visión por computadora son necesarios. Posteriormente, se procesa la imagen de entrada para detectar las esquinas y las líneas, se lleva a cabo una depuración para localizar las regiones de interés dentro del tablero. Una vez detectadas las regiones, se procede a realizar el seguimiento de las regiones en donde hay movimiento para determinar cambios en las piezas, reconocer que pieza fue la que se movió y el movimiento de acuerdo con la notación estándar del ajedrez. Finalmente, se muestran los resultados en un tablero ajedrez con la finalidad de mostrar al público el desempeño de los jugadores durante el desarrollo de la partida.

Palabras clave; *Visión por Computadora; Procesamiento de Imágenes; Aprendizaje Máquina; Ajedrez; Detección de Movimientos de Ajedrez.*

Abstract — This paper reports a system that analyzes a video of a chess move in real-time, detects the chess plays, and displays them on a virtual board. The proposed system starts with an initial configuration where different games were captured to get knowledge of which computer vision operators are necessary. Subsequently, the input image is processed to detect the corners and lines, a debugging is carried out to locate the regions of interest within the board. Once the regions have been detected, the regions where there is movement are monitored to determine changes in the pieces, recognize which piece was the one that moved, and the movement according to the standard chess notation. Finally, the results are shown on a chessboard to show the public the performance of the players during the development of the game.

Keywords; *Computer Vision, Image Processing, Machine Learning, Chess, Chess plays detection.*

I. INTRODUCCIÓN

El ajedrez es un juego de estrategia ampliamente conocido en la categoría de los juegos de mesa. Está comprendido por un tablero y 32 piezas divididas en dos participantes. Cada participante cuenta con 16 piezas divididas en 6 tipos: peón, caballo, torre, alfil, reina y rey. El interés por este juego ha hecho que se hayan realizado investigaciones con la finalidad de encontrar nuevas formas de como dominar los movimientos que lo comprenden y encontrar formas de ganar. El avance de la computación ha hecho que se creen nuevos sistemas informáticos destinados a la predicción de jugadas, inteligencia artificial para jugar contra un oponente no real y sistemas que permitan hacer un seguimiento de las jugadas sin la necesidad de la intervención humana. Esto sirve especial utilidad cuando en las partidas de ajedrez es necesario que una persona física anote los movimientos de cada jugador manualmente. En ocasiones la velocidad de las partidas dificulta esta acción. Es por eso que se proponen soluciones aplicando la tecnología para evadir esta problemática, y es la de crear un sistema informático que permita hacer el seguimiento de las jugadas. Así como evitar ciertos movimientos ilegales. Este tipo de sistemas tienen diversas utilidades, por lo tanto una de las más interesantes es anunciar cada movimiento a un grupo de espectadores que se encuentren en la misma sala en donde se esta llevando a cabo la partida. El sistema

desplegará en una pantalla que pueda ser visible por gran multitud de la partida en tiempo real, así como un historial de los movimientos, de esta forma se evita el amontonamiento de personas y todos pueden visualizar correctamente que esta pasando.

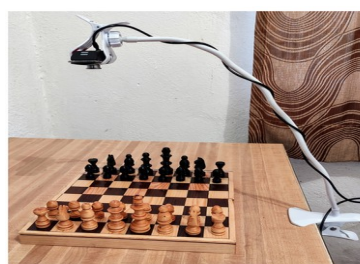
Anteriormente, se han encontrado varios sistemas que llevan a cabo el seguimiento de las jugadas en un tablero de ajedre [1-3]. En el presente artículo se da a conocer sobre el desarrollo de la implementación de un sistema de detección de Jugadas en tablero de ajedrez, en donde fue necesario el uso de librerías como *Numpy* [4] y *OpenCV* [5]. Como resultado, el sistema, a través de un vídeo de una partida de ajedrez detecta los movimientos que el usuario hace plasmándolos en otra pantalla y en un tablero virtual. Este trabajo esta organizado de la siguiente manera. En la sección III, se describe la solución propuesta. En la sección IV, se reportan los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección V, se enlistan las conclusiones y el trabajo futuro.

II. SISTEMA PROPUESTO

El enfoque propuesto debe detecta las regiones del tablero con las piezas encima, realizar la detección de los movimientos, sin requerir iluminación controlada, basado en la clasificación de las piezas basadas en un algoritmo de aprendizaje automático, y finalmente replicar las jugadas ejecutadas por los jugadores en un tablero virtual.



(a) Vista superior



(b) Soporte flexible para cámara

Figura 1. Tablero y Piezas utilizadas, y vista parcial del soporte de la cámara empleada.

A. Materiales Requeridos

Para este trabajo se preparó una configuración específica para capturar las imágenes provenientes del tablero de ajedrez. La cámara debe grabar a una resolución de hasta 1920 x 1080 a 30 cuadros por segundo. El tablero de ajedrez debe colocarse como lo muestra la figura 1 (a), el cual no sigue las normas oficiales de la FIDE [6]. La cámara se posicionó a una altura aproximada de 40 cm por encima del tablero, como se muestra en la figura 1 (b) con la ayuda de un brazo flexible.

B. Detección del Tablero

El primer paso es identificar las 64 regiones del tablero, 32 negras y 32 blancas. Primeramente se debe iniciar con la detección del tablero de ajedrez. Esta es una tarea no trivial, debido a la gran variedad de tableros que existen. Estos tienen marcadas diferencias en el tamaño, material y colores con los que está construido, haciendo esta tarea difícil de lograr y normalmente configurando el software únicamente destinado a un tipo.

Esto es aplicado un algoritmo de detección de líneas proveído por la librería de OpenCV. En este caso se usó la función *Hough Lines*. La cual es una transformación para la detección de líneas rectas. Para aplicar esta transformacional, antes es recomendable hacer un preprocesamiento de bordes. En esta aplicación primero se realizó una conversión a escala de grises, y posteriormente una detección de bordes con el algoritmo *Canny* de OpenCV [7]. Las líneas obtenidas por este algoritmo normalmente no están acotadas únicamente a las regiones del tablero, es por ello que es necesario aplicar a un preprocesamiento para la reducción de estas líneas y quedarse únicamente con un total de 18 líneas. La figura 3, muestra las líneas obtenidas en esta fase.

Para hacer esto posible, se combinó los resultados obtenidos por el algoritmo de *Hough Lines* con la detección de esquinas. El algoritmo para la detección de esquinas, se usó de *Good-FeaturesToTrack* que también está dentro de los algoritmos provistos por la librería OpenCV. Este algoritmo es una mejora del algoritmo *Harris Corner Detector*, que también puede ser usado gracias a OpenCV. Gracias a estos puntos, es posible identificar todas las esquinas del tablero. Se observó que *GoodFeaturesToTrack* fue que se detectaban sin problemas esquinas en donde no había una pieza, pero ocurría algo similar en las que había oclusión de los bordes, debido a que la misma oclusión genera una esquina la cual el método puede identificar, aunque esto no quiera decir que esté en la misma posición. Para eliminar el resto de líneas es necesario eliminar las líneas que atraviesan diagonalmente el tablero. Para esto se hizo la eliminación de todas las líneas que no tuvieran como mínimo 8 puntos cercanos cada una de estas. Para realizar este cálculo se hizo uso de la fórmula para calcular la distancia de un punto hacia una línea. Para saber que una

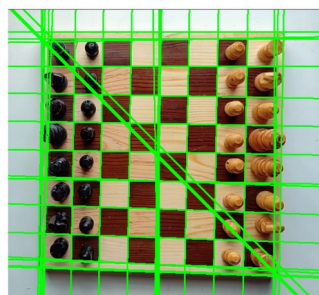
esquina esta cercana a una línea en específico, se toma como referencia una tolerancia de 5 píxeles. Las esquinas son iteradas junto con las líneas para comparar todas las líneas con todos los puntos. De esta manera es posible eliminar líneas verticales y algunas alejadas de las regiones principales del tablero de ajedrez. Aun así algunas líneas son pasadas, es por ello que un ultimo paso es aplicado. Las líneas que quedan comúnmente son líneas muy juntas con otras líneas, habiendo únicamente muy poca distancia. Para ello es necesario hacer un promediado de líneas, para saber que líneas se van a promediar, se realiza una agrupación. La agrupación de las líneas esta dada por un umbral que indica que las líneas están juntas. Este umbral es de un total de 30 píxeles.

C. Almacenamiento de los Estados del Tablero

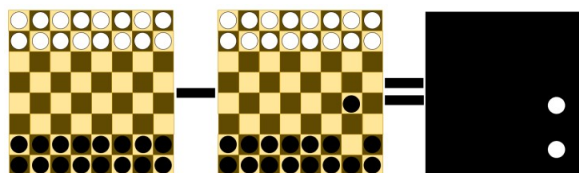
Un punto importante al momento de la detección de los movimientos es saber que tipo de pieza esta en que posición del tablero. Para este documento se uso un enfoque en el que desde un inicio se definen las piezas y su posición. La forma inicial de las piezas es colocado según las normas de la FIDE. Las piezas blancas son colocadas a la izquierda del tablero, mientras que las oscuras a la derecha. Esto permite predisponer en un arreglo en el programa el tipo de casilla con su región. Las regiones se identifican de la letra A - H (De izquierda a derecha) y de 1 - 8. Asignando las letras a las casillas horizontales y los números a las verticales. Como la vista de la cámara esta desde un costado del tablero se ajustan estas posiciones a dicha vista. Para almacenar una región en el programa es creada una estructura de datos que lleva por nombre ROI (Region of interest) cada una de estas regiones de interés almacena su posición en el tablero, así como la pieza que esta contenida actualmente en esta. Cuando se detecta un movimiento de la pieza estas regiones cambian su estado. De esta forma se puede mantener el tablero virtual actualizado en cada movimiento de los jugadores.

D. Detección de Movimiento y clasificación de las Pieza

Para la detección de un movimiento de la pieza el método usado es la diferencia de imágenes. Al ser una imagen, una matriz de números enteros es posible realizar ciertas operaciones con estas. El programa toma dos instantáneas para posteriormente sacar una diferencia entre ambas. Para saber cuando es necesario tomar cada una de las instantáneas el programa detecta la oclusión del tablero por la mano de los jugadores. El programa en cada frame esta analizando una línea por cada extremo, donde están posicionados los jugadores. Cuando alguna de estas líneas es ocluida se activa una bandera, cuando la mano es sacada del tablero se completa los dos pasos que representan que el jugador ha realizado un movimiento, y en ese momento se toma la instantánea la cual compara justo después de esto. una instantánea es tomada en el primer frame del vídeo, es por ello que siempre existe una instantánea anterior.



(a) Detección de líneas



(b) Detección de movimiento mediante diferencia de imágenes

Figura 2. Detección de Líneas mediante la transformada de Hough

TABLA I IMÁGENES EMPLEADAS PARA EL ENTRENAMIENTO DE LOS CLASIFICADORES

Clase	Alfil	Caballo	Peón	Reina	Rey	Torre	Total
Número de imágenes	77	87	159	55	48	147	573

TABLA II PORCENTAJE DE EXACTITUD DE LAS CLASIFICADORES POR PIEZA DE AJEDREZ

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Alfil	0.12	0.00	0.24	0.35	0.29	0.07	0.27
Caballo	0.43	0.07	0.44	0.39	0.40	0.26	0.41
Peón	0.65	0.85	0.63	0.57	0.55	0.63	0.64
Reina	0.27	0.14	0.28	0.32	0.29	0.08	0.32
Rey	0.36	0.24	0.34	0.43	0.32	0.34	0.48
Torre	0.27	0.27	0.45	0.43	0.37	0.24	0.47

III. RESULTADOS

Para validar el enfoque propuesto en este artículo, se capturaron 10 videos que incluían diferentes movimientos. Con la finalidad de saber cual fue la pieza específica, se entrenó un clasificador con muestras provenientes de diferentes tableros y se evaluaron diferentes clasificadores. El conjunto de datos

utilizado en esta experimentación esta compuesto por las piezas del ajedrez: Peón, Alfil, Reina, Rey, Torre y Caballo. Para cada un de las piezas se recopilaron fotografías de cuatro ángulos distintos los cuales son: vista desde el ángulo del jugador, del oponente, del observador ubicado en el perfil y desde la parte superior. La distribución de dicho conjunto de datos se muestra en la tabla I. Se consideró que los mejores algoritmos de segmentación de imágenes para este proyecto son la segmentación Otsu y Canny.

La exactitud de los clasificadores entrenados con el conjunto de imágenes utilizado se muestran en la tabla II. Se compararon 7 clasificadores: GradientBoostingClassifier (C1), RandomForestClassifier (C2), StackingClassifier (C3), ExtraTreesClassifier (C4), DecisionTreesClassifier (C5), AdaBoostClassifier (C6), HistGradientBoostingClassifier (C7). De las exactitudes obtenidas, es notorio que en todos los clasificadores la pieza que mayor exactitud tuvo es el peón, mientras que la pieza que peor exactitud tuvo es el Alfil.

Finalmente, se integró todo en una aplicación que analiza el video en tiempo real y muestra el estado de las piezas y el historial de movimientos. En la figura 3, se muestra dicho tablero virtual con la configuración inicial de las piezas de ajedrez y con una lista que será actualizada conforme los jugadores realicen el movimiento de las piezas.

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se mostró un enfoque para la detección de movimientos en una partida de ajedrez. Se trata de enfatizar el uso simple de este sistema, además de la poca configuración que es necesaria hacer. Como conclusión podemos decir que ciertas imperfecciones en la toma de la imagen pueden hacer una variación importante en el proceso de detección del tablero, cambios en la luminosidad son problemas frecuentes en las aplicaciones de visión artificial. Como trabajo futuro se propone crear la extensión de las funcionalidades en los movimientos del ajedrez. Se propone en una versión que el programa sea capaz de detectar cuando un jugador realiza un movimiento ilegal, así como saber cuando uno de los jugadores ha llegado a un jaque mate o en otras palabras cuando la partida ha finalizado porque uno de los jugadores ha derrotado a su rival.

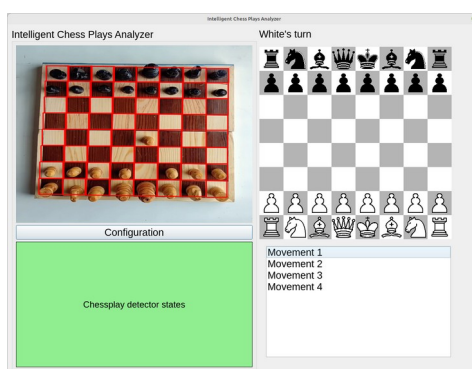


Figura 3. Pantalla de la Interfaz de Despliegado de Movimientos de Ajedrez

V. AGRADECIMIENTOS

En este apartado hacemos mención de otros estudiantes que aportaron al desarrollo de este proyecto pero que por restricciones con respecto al número de autores no aparecen en el encabezado del artículo. Gracias a *Juan de Dios Nava Gallardo, Ezer Manuel Banda Olivo y Ana Gabriela López Reyes.*

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Piškorec, N. Antulov-Fantulin, J. Ćurić, O. Dragoljević, V. Ivanac, and L. Karlović, "Computer vision system for the chess game reconstruction," in 2011 Proceedings of the 34th International Convention MIPRO, pp. 870–876, 2011.
- [2] D. A. Christie, T. M. Kusuma, and P. Musa, "Chess piece movement detection and tracking, a vision system framework for autonomous chess playing robot," in 2017 Second International Conference on Informatics and Computing (ICIC), pp. 1–6, 2017.
- [3] Danner, C.; Kafafy, M. "Visual Chess Recognition", Disponible en línea: https://web.stanford.edu/class/ee368/Project_Spring_1415/Reports/Danner_Kafafy.pdf (accesado el 6 de Julio de 2022).
- [4] C. R. Harris, K. J. Millman, S. J. van der Walt, R. Gommers, P. Virtanen, D. Cournapeau, E. Wieser, J. Taylor, S. Berg, N. J. Smith, R. Kern, M. Picus, S. Hoyer, M. H. van Kerkwijk, M. Brett, A. Haldane, J. F. del Río, M. Wiebe, P. Peterson, P. Gérard-Marchant, K. Sheppard, T. Reddy, W. Weckesser, H. Abbasi, C. Gohlke, and T. E. Oliphant, "Array programming with NumPy," Nature, vol. 585, no. 7825, pp. 357–362, 2020.
- [5] G. Bradski, "The OpenCV Library," Dr. Dobb's Journal of Software Tools, 2000.
- [6] International Chess Federation <https://handbook.fide.com/>, 2020. (FIDE), "FIDE Handbook.."
- [7] W. Rong, Z. Li, W. Zhang, and L. Sun, "An improved canny edge detection algorithm," in 2014 IEEE international conference on mechatronics an automation, pp. 577–582, IEEE, 2014.

Diseño de Herramienta TIC para el fortalecimiento de habilidades socioafectivas en estudiantes de básica primaria

Design of an ICT tool for the strengthening of socio-affective skills in elementary school students.

Karen Viviana Palomino Moreno¹, Jimena Rojas Calderón², Oscar Leonardo Puentes Luna³,
María Alejandra Guarnizo Losada⁴

Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO, Colombia

¹kpalominomo@uniminuto.edu.co, ² Jrojasca4@uniminuto.edu.co,
³oscar.puentes.lu@uniminuto.edu.co, ⁴maria.guarnizo-l@uniminuto.edu.co

Resumen — El fomento de las habilidades socioafectivas en edades tempranas, en la actualidad, toman gran importancia, construir seres humanos integrales, no solo en la parte intelectual sino como persona, es vital para fortalecer la sociedad, es por ello que, en la presente investigación se pretende diseñar una herramienta TIC para el fomento, enseñanza y fortalecimiento de las habilidades socioafectivas en estudiantes de básica primaria de una Institución Educativa rural del Municipio de Garzón-Huila (Colombia), es por ello que, se hizo uso del enfoque cualitativo y de la entrevista semiestructurada para determinar el grado de interés de las docentes en el desarrollo, y diseño del aplicativo, mencionando que tiene un potencial valioso para el desarrollo de diversas habilidades inherentes al desarrollo socioafectivo en estudiantes del nivel de educación primaria.

Palabras clave; Educación; autoestima; emociones; TIC.

Abstract — The promotion of socio-affective skills at an early age is currently of great importance, to build integral human beings, not only intellectually but also as a person, is vital to strengthen society, which is why this research aims to design an ICT tool for the promotion, teaching and strengthening of socio-affective skills in elementary school students of a rural educational institution in the municipality of Garzón-Huila (Colombia), Therefore, the qualitative approach and the semi-structured interview were used to determine the degree of interest of teachers in the development and design of the application, mentioning that it has a valuable potential for the development of various skills inherent to the socio-affective development of elementary school students.

Keywords; Education; Self esteem; emotion; ICT.

I. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación han adquirido, en este último tiempo, un inmenso potencial para desarrollar diferentes habilidades en los estudiantes pero, en la gran mayoría de los planteles educativos se ha ralentizado su eficacia a tal forma que, no solo se está perdiendo su ayuda, sino que también se está cohibiendo en su uso, a tal punto de cuestionarse sobre si es posible hablar de progreso y avance, cuando se está usando herramientas rudimentarias como el tablero [1].

Los cambios y actualizaciones, y más en el campo educativo, tienen un sentido profundo y amplio, nos encontramos en un periodo histórico, donde los hábitos, modos de vida y producción de las personas están cambiando y migrando de forma constante, a ambientes interactivos, en donde se moviliza mucha cantidad de información, generando retos y desafíos que se proponen día a día y van de la mano con el cambio tecnológico, facilitando los procesos de construcción de conocimiento [2].

Es así como la tecnología es una herramienta valiosa, ya que, es necesario la apropiación de ella como insumo para alimentar la construcción de conocimiento, fomentando las capacidades intelectuales y

cognitivas de orden superior, principalmente para fomentar la creación y análisis de contenido, no solo basta con migrar a plataformas táctiles o dotar las aulas de clase con tecnología de punta, si no hay un proceso de adaptación, para que estas herramientas tecnológicas sean capaces de cumplir con los objetivos y metas trazadas en la resolución de problemas [3].

Por otra parte, las destrezas socioafectivas son parte fundamental en toda actividad humana cuyo fortalecimiento, a lo largo de la vida, se hace necesario. Distintos estudios hacen referencia que las habilidades socioafectivas inciden directamente en la autoestima, ayudando en distintos aspectos como la adopción de roles, en la autorregulación del comportamiento y en el rendimiento académico [4].

En la edad infantil, esta temática es bastante relevante, no solo por referirse a su dimensión relacional, sino por su influencia directa en otros campos vitales como son los entornos escolares, familiares, sociales, entre otros. Es por ello que, muchos autores [5], comprueban que aquellos niños que muestren dificultades en relacionarse o aceptación social en el campo académico, tienden a presentar falencias, a largo plazo, relacionados directamente con otros aspectos negativos tales como la deserción escolar, comportamientos violentos con su entorno próximo y alteraciones psicopatológicas en la edad adulta.

Diversos autores igualmente, sostienen que las habilidades socioafectivas no sólo tienen un alto grado de relevancia, respecto a las relaciones con los demás, sino también, dota al niño y al adolescente de aptitudes y actitudes que le permiten tomar posturas positivas y adopten papeles relevantes en la sociedad. Es por ello que las habilidades socioafectivas se aprenden y fortalecen a lo largo de la vida y así, elementos como la conducta, hábitos y relaciones con sus pares, dependen de un proceso de socialización [6].

En Colombia, específicamente, en el departamento del Huila, son escasos los trabajos y proyectos adelantados para el fomento de las habilidades socioafectivas en estudiantes del nivel primaria, por otra parte, a nivel global y en el tiempo actual, es necesario la construcción y el fomento de estas habilidades para la construcción de una autoestima alta y dotar al estudiante de herramientas que favorezcan los procesos de enseñanza-aprendizaje, es por ello que, se hace necesario la construcción de una herramienta digital, de creación propia, bajo un aplicativo digital libre y gratuito, que se adapte a los equipos que tengan las Instituciones Educativas en la región, donde el acceso a internet es limitado o nulo; a partir de lo anterior, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación.

¿Cómo diseñar una herramienta digital que le permita a los docentes de básica primaria de una Institución Educativa rural de carácter pública de Garzón-Huila, fortalecer las habilidades socioafectivas?

Para lograr el diseño y construcción de la Herramienta digital, se hizo uso de la plataforma ARDORA 9.2, ya que, es una aplicación de fácil acceso y libre, para la creación de contenidos propios digitales, de modo sencillo, del cual no es necesario tener dominio de conocimientos técnicos de programación web, asimismo, lo diseñado en dicha plataforma puede ser utilizado de forma off-line, por lo que, no es necesario que los dispositivos que tengan el aplicativo tengan acceso a internet, es por ello que, a raíz de todo lo anterior, y responder la pregunta de investigación, nos planteamos el siguiente objetivo:

Diseñar una herramienta digital, de fácil acceso y libre, que se ajuste a los equipos a disposición de una Institución Educativa Rural del Municipio de Garzón-Huila, para el fomento y fortalecimiento de las habilidades socioafectivas en estudiantes de básica primaria.

II. METODOLOGÍA

La metodología utilizada está guiada bajo el enfoque cualitativo, este tipo de estudio permite la indagación del fenómeno de estudio en contexto, permitiendo la interpretación y comprensión de la realidad social, tal cual es y el cómo se desarrolla, haciendo un énfasis en aspectos que son subjetivos del accionar humano sobre las particularidades que son objetivas, dando significado que dichas acciones tienen sobre los diversos participantes. Este tipo de enfoque se escogió, ya que permite centrar el análisis en aspectos puntuales como la destreza de los participantes involucrados, lo que es vital para el estudio que se realizó, y que favoreció, entre otras cosas, la importancia del diseño de una herramienta digital para el fortalecimiento de las habilidades socioafectivas [7].

Este tipo de análisis está enfocado a diseños maleables, en donde el investigador observa el entorno y a las personas desde una perspectiva holística, ya que, los informantes no son encasillados en variables, es por ello que, se puede afirmar que, el enfoque cualitativo se identifica como un proceso recursivo y de interacción permanente que se da durante toda la ejecución del estudio, el cual, no debe ser entendido o asociado a procesos no sistemáticos [7].

Para el diseño de la herramienta digital se hace necesario, de acuerdo a la población a la que es dirigida, plantearse una serie de juegos con ilustraciones llamativas que permitan el fortalecimiento de habilidades socioafectivas, en la Fig. 1 se puede visualizar, al detalle, algunas actividades diseñadas para la herramienta.



Figura 1. Actividades diseñadas en herramienta digital

Para determinar la importancia y la necesidad de la herramienta digital en la Institución Educativa rural de carácter público de Garzón-Huila, se hace uso de una entrevista semiestructurada con el cuerpo docente que tiene funciones de docencia en los niveles de básica primaria, los datos recolectados mediante el instrumentos son analizados mediante el Software MAXQDA 2022.

III. RESULTADOS

El presente escrito, pretende realizar una divulgación del diseño de una herramienta TIC para el fortalecimiento de las habilidades socioafectivas, en niños de básica primaria, específicamente en una población infantil que tiene como territorio de influencia, la zona rural del Municipio de Garzón-Huila (Colombia), sector donde el acceso a internet es limitado, es por ello que, se hace uso de un aplicativo gratuito, de fácil acceso, que se puede trabajar off-line, y que además, se ajusta a las características de los equipos que poseen esta y la mayoría de las Instituciones Educativas del departamento.

La herramienta digital consta de 15 actividades/juegos, donde el niño puede identificar los actores que hacen parte de su entorno familiar más cercano, acciones de favoritas que se hacen en entornos como el hogar y el colegio, conocer las partes del cuerpo para fortalecer la autoestima, determinar rasgos característicos de las emociones de los demás para fomentar la empatía, entre otros.

De igual forma, se realizó una demostración con docentes de la Institución Educativa, para socializar las características y bondades que el aplicativo digital tiene para el fomento de esta habilidad que, en muchos entornos escolares, no se trabaja de la mejor manera, o simplemente ni se considera. De esta forma, se procedió a realizar una entrevista semiestructurada, donde las docentes de la Institución Educativa rural, aportaron una serie de respuestas enfocadas a la ayuda que esta aplicación puede brindar para el trabajo de las habilidades socioafectivas con los estudiantes de básica primaria, en la Fig. 2 se puede evidenciar las palabras que más se repiten en las entrevistas.



Figura 2. Nube de palabras de entrevista semiestructurada con MAXQDA 2022

Las docentes, una vez realizado el proceso de socialización y capacitación sobre el uso de la herramienta digital, mencionan que, la herramienta digital tiene un potencial enorme para el fomento de las habilidades socioafectivas, fortaleciendo rasgos característicos como la autoestima, la afectividad, el amor y las emociones, asimismo, mencionan que puede presentar un impacto positivo en sus estudiantes al determinar que se puede mejorar los valores anteriormente mencionados en los entornos familiares y escolares; pero lo que se resalta de forma considerable, es el uso de la tecnología para el trabajo de esta dimensión, ya que, las TIC en el campo de la educación, normalmente se implementan en la enseñanza de las Ciencias Naturales, las matemáticas o la lengua castellana, pero que difícilmente están enfocados en el desarrollo integral del estudiante.

Diversos autores [4], afirman los docentes en formación deben estar en la capacidad de diseñar estrategias innovadoras, utilizando todas las herramientas posibles, para el fomento de habilidades socioafectivas, asimismo, es recomendable realizar acciones formativas para fomentar el desarrollo en todos los niveles de escolaridad, dando prioridad a las acciones de promoción, para construir sujetos social y afectivamente sólidos a futuro.

De igual forma, las habilidades socioafectivas trabajadas en las TIC, permite el desarrollo del ser integral, la educación formal no solo debe formar al individuo como ser intelectual, también debe fortalecerse otras dimensiones del ser, como la espiritualidad, la responsabilidad y la afectividad; un ser humano más integral, con autoestima sólida, afectivo y sociable, a futuro, tiene grandes posibilidades de ser una persona exitosa, asimismo, el trabajo mediante esta estrategia, permite diversas ventajas potenciales, al desencadenar un cambio de estructuras y paradigmas en el trabajo sobre esta dimensión [5].

IV. CONCLUSIONES

Los resultados, permitieron establecer que, el diseño y construcción de las actividades mediante el aplicativo digital ARDORA 9.2, resulta ser un material novedoso para el fomento y fortalecimiento de las habilidades socioafectivas, no solo por el valor que tiene el desarrollo de esta dimensión, sino que resulta innovador incursionar en las Tecnologías de la Información y la Comunicación, para trabajar este tipo de temáticas con estudiantes de básica primaria y, aún más, en una Institución Educativa de zona rural, donde el acceso a internet es muy limitado o nulo.

De igual forma, el fomento de las habilidades socioafectivas es necesario implementarse en edades tempranas, todo ello con el fin de, formar personas integrales y sólidas en términos de autoestima y afectividad, no solo dedicarse a la parte intelectual, sino también en el ser; de igual forma, es necesario que, docentes en formación tengan en cuenta este tipo de temáticas en sus proyectos de investigación, ya que, es importante que día a día se innove en estrategias pedagógicas para fortalecer la autoestima, la afectividad y las emociones en la población estudiantil.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Llorent, V. J., Zych, I., y Varo-Millán, J. C. (2020). Social and emotional competences self-perceived by the university professors in Spain. [Competencias socioemocionales autopercibidas en el profesorado universitario en España] *Educacion XX1*, 23(1), 297-318. doi:10.5944/educxx1.23687
- [2] Jaccard, D., Bonnier, K. E., y Hellström, M. (2022). How might serious games trigger a transformation in project management education ? lessons learned from 10 years of experimentations. *Project Leadership and Society*, 3 doi:10.1016/j.plas.2022.100047
- [3] Jääskä, E., y Aaltonen, K. (2022). Teachers' experiences of using game-based learning methods in project management higher education. *Project Leadership and Society*, 3 doi:10.1016/j.plas.2022.100041
- [4] Barros B., B., Triviño R., J. L., Trella L., M., y Marco R., J. (2022). How do preschoolers interact with peers? characterising child and group behaviour in games with tangible interfaces in school. *International Journal of Human Computer Studies*, 165 doi:10.1016/j.ijhcs.2022.102849
- [5] Crespo, J. M. A., Martín, M. M., y López, I. G. (2020). Influence of bodily expression in the development of socio-affective skills during secondary education. [Influência da expressão corporal no desenvolvimento de habilidades socioafetivas no ensino médio; Influencia de la expresión corporal en el desarrollo de las habilidades socioafectivas en educación secundaria] *Movimento*, 26, 1-19. doi:10.22456/1982-8918.104634
- [6] Herrero, M. D. A., García Fernández, C. M. A., y del Pino, C. G. (2021). Effectiveness of educational program in physical education to promote socio-affective skills and prevent violence on primary school. [Efectividad de un programa educativo en Educación Física para fomentar las habilidades socioafectivas y prevenir la violencia en educación primaria] *Retos*, (41), 492-501. doi:10.47197/retos.v0i41.82683
- [7] Sánchez F., I. M., González M., L. A. y Esmeral A., S. J. (2020). *Metodologías cualitativas en la investigación educativa*. Editorial UNIMAGDALENA.

Análisis de sentimientos sobre el uso de redes eléctricas inteligentes

Sentiment analysis on the use of smart grids

Víctor Daniel Gil Vera

Universidad Católica Luis Amigó, Colombia

victor.gilve@amigo.edu.co

Resumen —El análisis de sentimientos es el uso del procesamiento del lenguaje natural, el análisis de textos, la lingüística computacional y la biometría para identificar, extraer, cuantificar y estudiar sistemáticamente los estados afectivos y la información subjetiva. El objetivo de este trabajo es presentar un análisis de sentimientos para conocer la percepción que tienen las personas sobre las redes eléctricas inteligentes, las cuales están sustituyendo gradualmente a las redes eléctricas tradicionales desde la última década. Se emplearon 3.000 comentarios de la red social Twitter y el software RStudio para el procesamiento de la información. Se concluye que, las percepciones identificadas en la mayoría de los comentarios se asociaron con emociones positivas. La implementación masiva del uso de redes eléctricas inteligentes puede contribuir a incentivar el uso de fuentes de energía renovables, generando grandes beneficios al medio ambiente.

Palabras clave; análisis de sentimientos; energía; minería de texto; redes inteligentes.

Abstract — Sentiment analysis is the use of natural language processing, text analysis, computational linguistics and biometrics to systematically identify, extract, quantify and study affective states and subjective information. The objective of this paper was to present a sentiment analysis to understand people's perception of smart grids, which are gradually replacing traditional power grids since the last decade. We used 3,000 comments from the social network Twitter and RStudio software for data processing. This paper concludes that the perceptions identified in most of the comments were associated with positive emotions. The massive implementation of the use of smart grids can contribute to encourage the use of renewable energy sources, generating great benefits to the environment.

Keywords; sentiment analysis; power; text mining; smart grids.

I. INTRODUCCIÓN

La minería de texto consiste en la aplicación de técnicas avanzadas de análisis de datos sobre información textual para conocer el nivel de aceptación o rechazo, tipos de sentimientos generados y percepciones de las personas sobre un fenómeno en particular. En esencia, es un proceso de análisis y exploración de grandes volúmenes de información textual no estructurada con el fin de identificar conceptos, patrones, temas, palabras claves, tendencias, gustos, etc. Como rama de la analítica de datos, la minería de texto permite realizar análisis de manera masiva, identificar tendencias, clasificar comentarios y opiniones, clasificar tipos de sentimientos y construir nubes de palabras que permiten obtener una visión general de la información, lo que puede contribuir al mejoramiento en la toma de decisiones. En el último quinquenio ha sido empleada y utilizada por científicos y académicos a nivel mundial debido al desarrollo de plataformas de Big-Data y algoritmos de aprendizaje profundo que tienen la capacidad de analizar conjuntos masivos de datos no estructurados. En términos generales es un proceso intensivo de conocimiento en el cual un usuario interactúa con una colección de documentos a lo largo del tiempo mediante herramientas de análisis. A partir de datos desordenados, las palabras clave extraídas pueden convertirse en conceptos y transformarse en información valiosa. La Figura 1 presenta las tres fases fundamentales de la minería de texto.



Figura 1. Proceso de la Minería de Texto

Por otra parte, el análisis de sentimientos es una rama de la minería de texto, el cual se ha aplicado ampliamente en diferentes contextos: políticos, socioculturales, económicos, entre otros. Diversas investigaciones la han empleado para comprender los pensamientos de las personas y conocer el tipo de emoción (positiva o negativa) sobre alguna temática en particular. Este es ampliamente utilizado para la toma de decisiones. En la revisión del estado del arte se identificaron investigaciones que han usado el análisis de sentimientos con diferentes objetivos; en [1] lo emplearon para analizar opiniones de consumidores de productos y servicios, en [2] para analizar la percepción de los huracanes más destructivos que se han presentado en EEUU, en [3] para analizar la calidad del servicio aeroportuario.

Según [4], el proceso para realizar un análisis de sentimientos es; construir la base de datos (reunir información textual o comentarios de redes sociales como Twitter, Facebook u otras sobre una temática en particular), pre-procesar la información (reducir el ruido del texto, eliminar signos de puntuación, mayúsculas y caracteres especiales), tokenizar (normalizar el texto para que pueda ser entendido por la computadora), transformar (cambiar las palabras a su forma raíz y eliminar sufijos), clasificar (diferenciar emociones positivas y negativas) e interpretar. Es importante aclarar que, tokenizar un texto en el contexto del análisis de sentimientos consiste en dividir el texto en las unidades que lo conforman, entendiendo por unidad el elemento más sencillo con significado propio para el análisis en cuestión, en este caso, las palabras [4].

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis de sentimientos para conocer la percepción que tienen las personas sobre el uso de redes eléctricas inteligentes (Smart Grid), para ello se emplearon 3.000 comentarios de la red social Twitter. En esencia, las redes eléctricas inteligentes permiten que los dispositivos se comuniquen entre proveedores y consumidores, lo que hace posible administrar la demanda, proteger la red de distribución, ahorrar energía y reducir costos [5]. Estas emplean tecnologías de medición, comunicaciones y control en la generación, líneas de transmisión, subestaciones, alimentadores (circuitos), medidores y tecnologías en las instalaciones. En resumen, son sistemas de redes eléctricas habilitados con tecnología avanzada con la incorporación de tecnología de la información y la comunicación (TIC), la cual permite el flujo de energía bidireccional y una infraestructura de medición mejorada capaz de auto-repararse, resistente a los ataques y con capacidad de pronosticar incertidumbres futuras [6]. Además, entregan electricidad de forma controlada, ofreciendo múltiples beneficios como el crecimiento y la gestión eficaz de las fuentes de energía renovable, generan beneficios para las empresas de servicios públicos, entre los que se destacan; una mejor gestión de la red, mayor oferta de opciones a los clientes, mayor comprensión del uso de la energía, reducción del costo de la electricidad, mayor comunicación con los clientes, mejor comunicación con los electrodomésticos que usan los clientes, uso de fuentes de energía más renovables e integración con vehículos eléctricos [7]. El resto del trabajo se divide de la siguiente manera; la sección 2 presenta la metodología empleada en la realización del análisis de sentimientos, la sección 3 presenta los resultados y la discusión. Finalmente se concluye.

II. METODOLOGÍA

La población o muestra del objeto de estudio de la investigación fueron personas con una cuenta activa en Twitter que hubieran realizado comentarios sobre las redes eléctricas inteligentes, no se aplicó ningún tipo de criterio demográfico adicional. El período de búsqueda de los comentarios fue de cuatro meses (diciembre 2021 – marzo de 2022). Para la recolección de los 3.000 comentarios se creó una cuenta de desarrollador de Twitter, para ello era necesario tener activa una cuenta de usuario regular. En el proceso de creación se justificó el para qué se emplearía la cuenta, el rol del solicitante; además, se debía completar un formulario con datos personales (nombre de la cuenta, correo, nombres del solicitante, país de residencia y confirmación de que se está aplicando a una cuenta individual de desarrollador). Posteriormente, se debía especificar como se emplearía la cuenta, la manera como se analizaría la información recolectada y cómo sería su distribución por fuera de Twitter. Luego, se debía proporcionar un nombre personal, el nombre de la cuenta de usuario regular creada previamente, el correo, país de residencia, especificar si se tenía experiencia o no en programación y si se deseaba recibir actualizaciones. Al finalizar, se debían aceptar los términos y condiciones de desarrollador. Una vez culminados los pasos anteriores, se debía activar la cuenta desde un enlace que enviaban al correo electrónico el cual re-direccionaba a la cuenta de desarrollador de Twitter. Para la creación de la app se debía proporcionar un nombre, posteriormente se recibió el key y los tokens de la app para poder empezar a utilizarla. Algunos ejemplos de los comentarios que fueron empleados se presentan en la Tabla 1:

TABLA I EJEMPLOS DE COMENTARIOS ANALIZADOS

Usuario	Comentario
@susanajimenezs	We are happy to inaugurate the first Smart Grids Laboratory in Chile, which will train tomorrow's technicians and professionals in Renewable Energies!
@M_Madrigal_M	Smart grids are many things, but they are essential for moving to a decarbonized future.
@cmezabenavides	Smart grids can accept more variable renewable energy (photovoltaic) without integrating more firm energy.

Se empleó el software gratuito RStudio, el cual tiene un amplio conjunto de paquetes para el procesamiento del lenguaje natural (NLP) y la generación de gráficos. Los pasos fundamentales implican cargar el archivo de texto en un R Corpus, luego limpiar y derivar los datos antes de realizar el análisis. Se empleó la librería “rtweets” para extraer los datos de la app creada con antelación, se ingresaron los tokens obtenidos y se estableció la comunicación entre RStudio y la app. Una vez definidos, se envió una solicitud para generar un nuevo token de autenticación con el fin de realizar peticiones al API (Application Programming Interface). Se precisaron los hashtags como palabras clave y se procedió a crear la petición de los tweets, de esta manera RStudio los iba buscando y almacenando. Se procedió con la exploración de los tweets recolectados, se verificaron las filas y columnas, se continuó con la tokenización de palabras (transformación de todas las palabras de los tweets en una palabra por fila) haciendo uso de la librería `tyditext`.

En resumen, los paquetes y librerías de Rstudio empleados fueron: “rtweets” (para recopilar y organizar datos de Twitter), “tm” (para la minería de texto), “Snowballc” (algoritmo de derivación de palabras de Porter para colapsar palabras en una raíz común para ayudar a comparar el vocabulario), “wordcloud” (para la construcción de la nube de palabras), “RColorBrewer” (para configurar la paleta de colores de los gráficos), “syuzhet” (extrae la opinión y los arcos gráficos derivados de la opinión del texto utilizando una variedad de diccionarios de opinión convenientemente empaquetados para el consumo de los usuarios de R) y “ggplot2” (para la generación de gráficos). La Figura 2 establece los pasos ejecutados para lograr los resultados de la investigación.

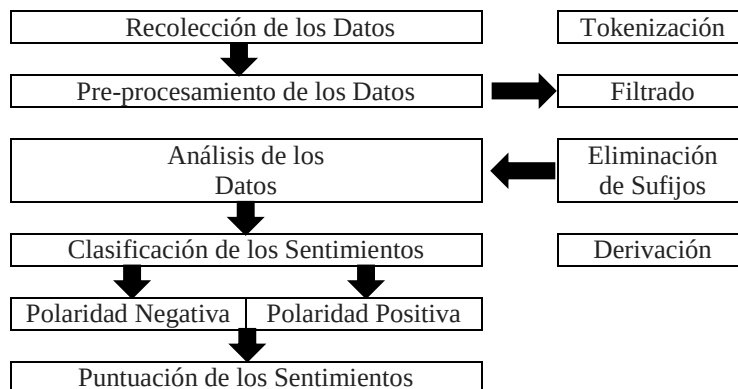


Figura 2. Proceso del Análisis de Sentimientos

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de limpiar los datos de texto en la fase del pre-procesamiento, el siguiente paso que se realizó fue el conteo de la aparición de cada palabra para identificar temas populares o de tendencia, haciendo uso de la función `TermDocumentMatrix()` del paquete de minería de texto, se creó una matriz de documentos que contenía la frecuencia de las 7 palabras más frecuentes en los comentarios. El código empleado y la matriz de clasificación se presentan a continuación:

<code>dtm <- TermDocumentMatrix(docs) m <- as.matrix(dtm)</code>		
<code>v <- sort(rowSums(m), decreasing=TRUE) d <- data.frame(word = names(v),freq=v) head(d, 7)</code>		
	word	freq
energy	energy	380
smart	smart	290
grids	grids	110
renewable	renewable	170

demand	demand	120
reduce	reduce	90
better	better	75
sources	sources	60

Posteriormente, se procedió a generar la nube de palabras o wordcloud, en la cual aparecen las palabras más frecuentes y cuyo tamaño de fuente varía dependiendo de la frecuencia de aparición de las palabras (Figura 3). El código empleado y el wordcloud se presentan a continuación:

```
# wordcloud set.seed(1234)
wordcloud(words = d$word, freq = d$freq, min.freq = 1,
max.words=200, random.order=FALSE, rot. per=0.00, colors=brewer.pal(8, "Dark2"))
```

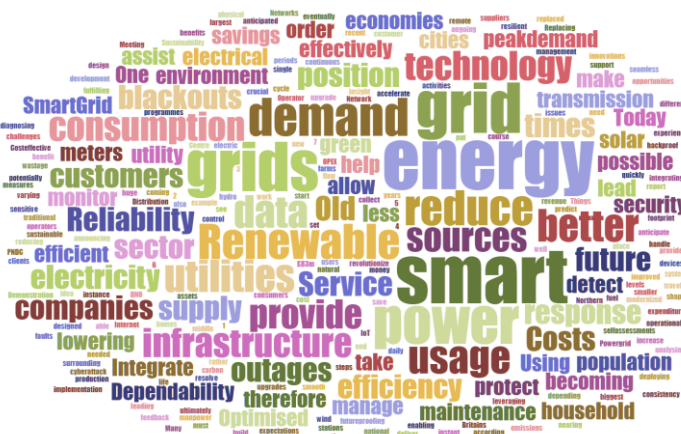


Figura 3. Nube de palabras

Las palabras que aparecieron con más frecuencia fueron: “energy”, “smart”, “grids”, “renewable”, “demand”, “reduce”, “better” y “sources”. Se debe aclarar que, los argumentos que componen la función fueron definidos de la siguiente manera:

- *min.freq*: palabras con una frecuencia inferior a “min.freq” no se graficarán (frecuencia 1)
- *max.words*: número máximo de palabras que se graficarán (200 palabras)
- *random.order*: trazar palabras en orden aleatorio. Si es falso, se grafican en frecuencia decreciente (en este trabajo se adoptó el valor FALSO)
- *rot.per*: proporción de palabras con rotación de 90 grados (texto vertical) (0.00)
- *colors*: palabras de color de menor a mayor frecuencia. En nuestro caso adoptamos los valores de la paleta (`brewer.pal(8, “Dark2”)`)

Se asociaron términos frecuentes utilizando la función findAssocs(). Se descartaron correlaciones inferiores a 0.3 debido a su proximidad a 0.0, lo que indica ningún tipo de relación. Se identificaron las palabras que estaban asociadas con la palabra “Smart_Grid” en los tweets seleccionados, se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA III ANÁLISIS CORRELACIONAL

findAssoc(dtm, terms = "Smart_Grid", corlimit = 0.3), \$Smart_Grid		
Generat 0.69	Capabili 0.67	Chang 0.67
Condit 0.67	Detect 0.67	Respond 0.67
Transmiss 0.67	Reliabl 0.60	Network 0.59
Fault 0.51	Home 0.51	Meter 0.51
Power 0.47	Intellig 0.34	Reduc 0.32

Finalmente, la Figura 4 presenta la clasificación de los diferentes tipos de emociones con base en el NRC Emotion Lexicon [8] (lista de palabras en inglés y sus asociaciones con ocho emociones básicas; ira, miedo, anticipación, confianza, sorpresa, tristeza, alegría y disgusto) que se identificaron en los comentarios, se puede apreciar que la mayoría de ellos se asociaron a las emociones positivas confianza, anticipación, alegría y sorpresa (74%), solo el 16% se asociaron a emociones negativas como miedo, ira, tristeza y disgusto. Debido a lo anterior, podemos concluir que la percepción en la mayoría de comentarios analizados fue positiva.

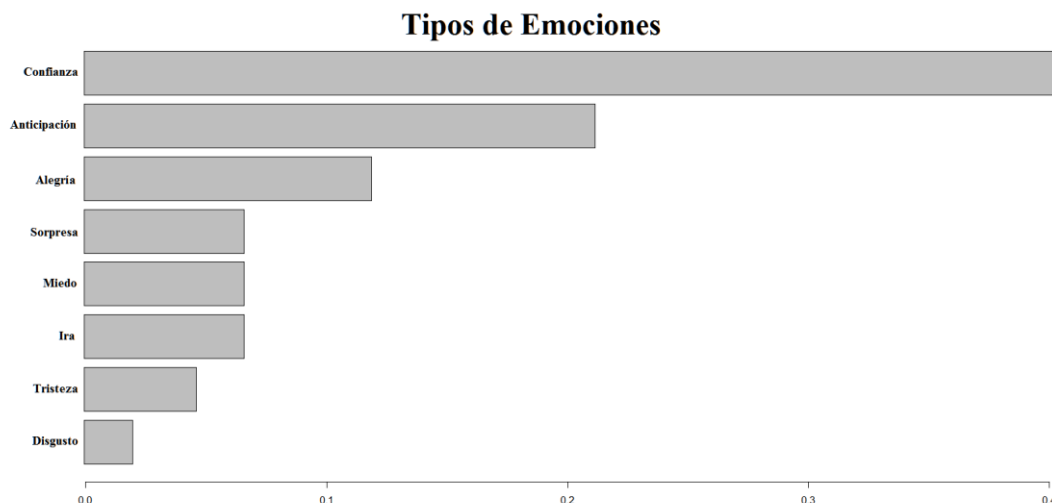


Figura 4. Clasificación de emociones

IV. CONCLUSIONES

Gracias a la minería de texto y al análisis de sentimientos es posible conocer de manera masiva la percepción que tienen las personas sobre un fenómeno determinado. Esta investigación permitió analizar los comentarios de 3000 personas acerca de las redes eléctricas inteligentes, identificar los términos más frecuentes, construir una nube de palabras (“Wordcloud”) y clasificarlos en ocho tipos de emociones. La mayoría de comentarios se asociaron con emociones positivas, solo una minoría con emociones negativas.

La minería de texto, a diferencia de otras técnicas de análisis de información cualitativa, tiene la ventaja de que permite descubrir nueva información, analizar grandes bases de datos de información textual mediante la tecnología de DM (Data Mining), generando resultados que son fáciles de entender, lo que contribuye a la toma eficiente de decisiones, ya que permite detectar la información relevante, tendencias, patrones, entre otros. En efecto, la minería de datos y el análisis de sentimientos se constituyen como herramientas poderosas para el análisis de información cualitativa.

V. AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigación SISCO de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Al-Natour, S., & Turetken, O, “A comparative assessment of sentiment analysis and star ratings for consumer reviews,” *Int. J. of Inf. Man.*, vol. 54, pp. 102132, (2020) <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102132>
- [2] Yao, F., & Wang, Y, “Domain-specific sentiment analysis for tweets during hurricanes (DSSA-H): A domain-adversarial neural-network-based approach,” *Comp., Env. and Urban. Syst.*, vol. 83, pp. 101522, (2020) <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101522>
- [3] Martin-Domingo, L., Martín, J. C., & Mandsberg, G, “Social media as a resource for sentiment analysis of Airport Service Quality (ASQ),” *J. of Air Trans. Mana.*, vol. 78, pp. 106–115, (2019) <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.01.004>
- [4] Jaichandran, R., Basha, C. B., Shunmuganathan, K. L., Rajaprakash, S., & Raja, S. K. “Sentiment Analysis of Movies on Social Media using R Studio,” *Int. J. of Eng. and Adv. Tech.*, vol.8, pp. 2171-2175, (2019) <https://doi.org/10.35940/ijeat.F8586.088619>
- [5] Khalil, M. I., Jhanjhi, N. Z., Humayun, M., Sivanesan, S., Masud, M., & Hossain, M. S, “Hybrid smart grid with sustainable energy efficient resources for smart cities”. *Sust. Ener. Tech. and Asses.*, 46, 101211, (2021)
- [6] Judge, M. A., Khan, A., Manzoor, A., & Khattak, H. A, “Overview of smart grid implementation: Frameworks, impact, performance and challenges”. *Jour. of Ener. Stor.*, 49, 104056, (2022).
- [7] Lamnatou, C., & Chemisana, D, “Solar thermal systems for sustainable buildings and climate change mitigation: Recycling, storage and avoided environmental impacts based on different electricity mixes,” *Sol. Ener.*, 231, 209-227, (2022).
- [8] EMOLEX, NRC Word-Emotion Association Lexicon (2021) <https://saifmohammad.com/WebPages/NRC-Emotion-Lexicon.htm>

Una Experiencia de Vinculación Academia-Industria

El Caso de la Escuela de Informática de la Universidad Nacional

An Experience of Linking Academy-Industry *The Case of the School of Informatics of the National University of Costa Rica*

Mag. Marianella Solano Orias

Escuela de Informática, Universidad Nacional, Costa Rica

marianella.solano.orias@una.cr

Mag. Irene Hernández Ruiz

Escuela de Informática, Universidad Nacional, Costa Rica.

irene.hernandez.ruiz@una.cr

Resumen — Por medio de la cooperación entre academia-empresa, la unidad académica (Escuela de Informática de la Universidad Nacional Costa Rica), busca brindar a sus estudiantes no solo la posibilidad del desarrollo de sus proyectos de graduación o pasantías, si no también generar un acercamiento al sector de la industria de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Para lograrlo, se ha trabajado durante 5 años en desarrollar eventos que formen parte de esta vinculación. El presente trabajo da a conocer como se ha implementado en la Escuela de Informática este tipo de vinculación y la percepción de las empresas participantes, así como de los estudiantes, con el fin de ser utilizado como referencia en otros contextos educativos y permita ayudar a los estudiantes en su transición de la vida universitaria al mundo laboral.

Palabras claves; Vinculación; Academia-Empresa; TIC-Informática.

Abstract — Through academic-industry cooperation, the academic unit seeks to offer its students not only the possibility of developing their graduation projects or internships, but also forge a future, by approaching the ICT sector through events That can be performed as part of the linkage. This article shows how it has been implemented in the School of Informatics, so that it can be used as a reference in other educational contexts. To achieve this, we have worked for 5 years to develop events that are part of this relationship. This work reveals how this type of link has been implemented in the School of Informatics and the perception of the participating companies, as well as of the students, in order to be used as a reference in other educational contexts and allow to help students in their transition from university life to the world of work.

Keywords; connection; academic-industry; TIC; computing.

I. INTRODUCCIÓN

La Escuela de Informática de la Universidad Nacional, anteriormente se encontraba en el Campus Omar Dengo, y en diciembre del 2013 se traslada al Campus Benjamín Núñez. Esta nueva ubicación del centro

de estudio fue uno de los factores que generó más visitas del sector de empresas TIC a la Escuela de Informática. Las visitas se realizaron con el fin de tener conocimiento sobre el plan de estudios, el perfil de salida de los estudiantes, y las posibilidades de una colaboración conjunta entre la Escuela de Informática y las empresas visitantes.

De esta manera durante los años 2014-2015 el volumen de empresas que querían conocer a la Escuela de Informática de la Universidad Nacional creció un 50%. Y se requirió de esta forma la creación de una figura ad-honorem para el trabajo en conjunto con ellas.

Por otra parte, se consideró importante que los estudiantes tuvieran un primer acercamiento con las empresas, donde los estudiantes interactuaran directamente con ellas, preguntando el perfil de ingreso, el tipo de servicio que ofrece la empresa y el tipo de desarrollo que se puede tener en la misma.

El objetivo de este trabajo consiste en dar a conocer la experiencia que se ha tenido en la Escuela de Informática de la Universidad Nacional, con el fin de que pueda servir de insumos a largo plazo a lo interno de la misma y que puedan servir de referencia para otras instancias académicas.

En este trabajo, se presenta ii) Marco teórico de la estrategia utilizada, iii) Metodología, iv) desarrollo y resultados, y finalmente v) conclusiones.

II. MARCO TEÓRICO

Existen diversos modelos para la vinculación academia-industria, por ejemplo, el modelo de Etzkowitz (2008). Este modelo describe la interacción entre los actores cuya participación resulta clave para desarrollar y aprovechar las investigaciones que tienen efectos en el desarrollo económico de cualquier país: las universidades o centros de investigación, la industria y el gobierno [4]. El modelo permite observar la vinculación como un proceso dinámico y que se representa en un esquema de tres planos. En este modelo de vinculación la universidad, la empresa y el Estado interactúan de manera complementaria, buscando acuerdos que sean de beneficio mutuo para sus planes y objetivos [9].

La tesis de la triple hélice afirma que la universidad ha de tener mayor protagonismo en la innovación en las economías basadas en el conocimiento [9]. De esta manera se considera de manera fundamental que la universidad debe estar pendiente de aunar esfuerzos para poder trabajar de manera conjunta a la industria y al gobierno.

Por otra parte, en Latinoamérica se presentó un debate ideológico en torno a la ciencia, la tecnología y la sociedad que, en alguna medida, intentó legitimar la vinculación de la universidad con el sector productivo, obteniendo como resultado el modelo del triángulo de Sábato, el mismo con la particularidad de que el estado participaba activamente en el manejo de algunas industrias. El planteamiento de este modelo se centró en ofrecer estrategias para regular el funcionamiento del gobierno en su relación con otros agentes públicos [6]. Este triángulo asegura para la sociedad, como, donde, con quien y con qué, innovar de acuerdo a la demanda que exista, traza lineamientos de progresos económicos, el vértice infraestructura científico tecnológico es el conglomerado de instituciones del sector educativo. [6]

Por otra parte, existe un consenso a nivel mundial que la tecnología es una dimensión central del desarrollo económico. Uno de los aspectos que caracteriza las economías de América Latina es su rezago tecnológico. Este se manifiesta en menores niveles de productividad, niveles reducidos de diversificación productiva y baja competitividad internacional [2] [3].

Además, de la problemática que se presenta en las universidades de América Latina para la implementación de los modelos para la vinculación de la academia y la industria, se da por: las políticas públicas, procesos administrativos engorrosos, objetivos encontrados entre empresa-academia, falta de capacitación por parte de las universidades ante las nuevas tecnologías, carga académica de los docentes en las universidades para involucrarse con el sector academia empresa. [1]

Se ha investigado acerca de elementos importantes que se deben considerar al momento de implementar una vinculación entre el sector de la academia y las empresas los cuales son: establecimiento de políticas y reglamentación de la extensión, formación de capital humano competente, revisión y fortalecimiento de las pasantías universitarias, fortalecimiento de redes de apoyo, generación de estructuras de soporte a la extensión, creación de mecanismos para la gestión y transferencia de conocimiento [10].

III. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este trabajo se puede visualizar en la Fig. 1 y tiene como objetivo dar a conocer el proceso que se llevó a cabo a lo interno de la Escuela para el desarrollo del trabajo con las empresas.

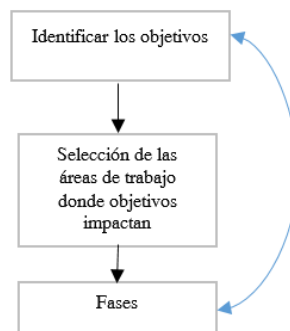


Figura 1. Metodología de trabajo.
Fuente propia

En esta figura se puede visualizar que lo primero en que se trabajó fue en la definición de los objetivos y poder analizar en cuales áreas de trabajo era posible trabajar, las cuales se establecen en fases, ya que cada uno de los procesos a llevar pueden llevar un conjunto de elementos que deben realizarse de una forma ordenada y tener un alcance diferente. Además, para la evaluación de una de las actividades se realizaron dos encuestas diferentes, uno para los representantes de las empresas y otra para los estudiantes.

A continuación, se explican los componentes de esta metodología los cuales se visualizó en la figura 1.

A. *Identificar los objetivos*

- En este apartado, se pretende generar oportunidades a los estudiantes para que realicen la práctica profesional supervisada, entre otras actividades que se requieran en el transcurso de la carrera, así como también brindarles posibles fuentes de empleo.
- Crear actividades de manera conjunta entre el sector TIC y la academia tales como charlas, giras y ferias.
- Conocer acerca de las necesidades del mercado.
- Actualizar el plan de estudios.
- Incentivar tareas de innovación, investigación y desarrollo tecnológico.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriores, se determinaron las áreas de trabajo de la coordinación para poder hacer un planteamiento de las actividades anuales por llevar a cabo.

B. *Selección del área de trabajo donde los objetivos impactan*

Las áreas que se identificaron como prioritarias son las siguientes:

- Ferias empresariales.
- Charlas sobre temas relevantes en el área de informática.
- Giras a empresas.
- Reuniones con las empresas.
- Inducción a la Práctica Profesional Supervisada (PPS).

C. *Fases*

A continuación, se explican cada una de estas fases:

- Fase 1 (2014): en esta fase se dio la identificación de empresas, definición del trabajo que se puede realizar con cada una de ellas, se dio a conocer cuáles son las necesidades de las empresas, conocer el perfil que se requiere. Se definió el medio de comunicación, se identificaron las actividades que se pueden llevar a cabo de manera conjunta, alcances, limitaciones. Y se documentó cada una de ellas.
- Fase 2 (2014-2015): se concretó actividades con las empresas, volver a llevar a cabo la primera etapa, ejecutar la feria de empresas, concretar giras.
- Fase 3 (2015-2016): se analizaron las lecciones aprendidas de las fases 1 y 2, además de realizar un proceso de evaluación a lo interno de la Escuela. Además, se volvió a ejecutar nuevamente la fase 1 y la fase 2.
- Fase 4(2016-en adelante): se repitieron las etapas anteriores para las nuevas empresas que se acercan a la Escuela de Informática. Se establece un plan anual con las actividades previamente calendarizadas tanto para las empresas como para la academia, en la cual se contempló las fechas

de cierres institucionales y vacaciones. Y para el 2016 se realizó una encuesta de percepción al estudiantado.

IV. DESARROLLO DEL TEMA Y RESULTADOS

Actualmente, al año 2020 se cuenta con 42 empresas de software que han participado en alguna actividad con la Escuela de Informática. El nicho de trabajo de estas empresas es variado, se cuenta con desarrollos a la medida en aplicaciones móviles y escritorio, soporte técnico, Big Data, computación en la nube entre otros.

Para llevar a cabo ese acercamiento se ha trabajado con las ferias empresariales: donde se ha contado con una gran cantidad de estudiantes de todos los niveles de la carrera. Es importante destacar que las ferias organizadas por la Escuela quieren impactar a todos los estudiantes, formándose de esta manera una actividad semestral esperada por los estudiantes. Generando una cultura que desde primer año los estudiantes logren acercamiento con las empresas y puedan ir atendiendo consultas, así como conociendo las áreas de trabajo que ofrece la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.

La feria de empresas consiste en un trabajo de planeación de al menos 2 de anticipación, y consiste en invitar a las empresas de TI que han tenido contacto con la Escuela de Informática para que puedan tener un stand y presentarles a los estudiantes opciones de pasantías y opciones de prácticas profesionales. Y de manera paralela se ofrecen charlas sobre las diferentes áreas de las TIC. Cada semestre se realiza esta actividad la cual cuenta con un promedio de participación 120 estudiantes próximos a matricular la práctica profesional supervisada, así como unos 150 de todos los niveles que aprovechan para participar de los stands y de las charlas organizadas.

A partir del 2014 la cantidad de empresas que han participado en esta actividad es un promedio de 14 empresas por año desglosado de la siguiente manera.

En la Tabla 1, se presenta la cantidad de empresas que han participado durante estas ferias:

TABLA 1. CANTIDAD DE EMPRESAS PARTICIPANTES POR AÑO

Cantidad de empresas que han participado en la Feria de empresas por año			
Año	Ciclo lectivo	Cantidad empresas participantes	Total
2014	I	N/A	8
	II	8	
2015	I	11	24
	II	13	
2016	I	14	25
	II	11	
2017	I	15	31
	II	16	
2018	I	15	31
	II	16	
2019	I	14	30
	II	16	
2020	I	11	21
	II	10	

Puede notarse, que la cantidad de empresas que participan en la feria ha aumentado en el periodo del 2014 al 2020.

Es importante que para el año 2020, a raíz de la pandemia de la COVID-19, la actividad de la feria de empresas se realizó de manera virtual para lo cual la Escuela de Informática desarrolló un sitio web para lograr la participación de las empresas.

Es importante mencionar, que en cada una de estas actividades se ha invitado a las sedes regionales donde se imparte la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información con el objetivo que puedan también desarrollar su práctica profesional supervisada cada semestre y pueda tener contacto con posibles empleadores

Para el año 2016, se consideró que la feria de empresas ya tenía una madurez importante y al ser la actividad donde interactúan las empresas directamente con los estudiantes, se decidió realizar una evaluación acerca de esta actividad en la feria realizada en octubre del 2016. Para la evaluación se desarrolló una encuesta (ver encuesta 1) en papel para las 16 empresas y otra encuesta (encuesta 2) para los estudiantes.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en las dos encuestas:

1. **Encuesta no. 1:** dirigida a empresas: la cantidad de empresas que participaron en la actividad fueron 16 empresas, de las cuales 11 eran representadas por mujeres, lo cual representa un 69% mientras que los hombres fueron 5 lo cual representa un 31%, el perfil de todos era de ingenieros relacionados al área de informática, cuyos valores pueden verse en el Fig. 2.

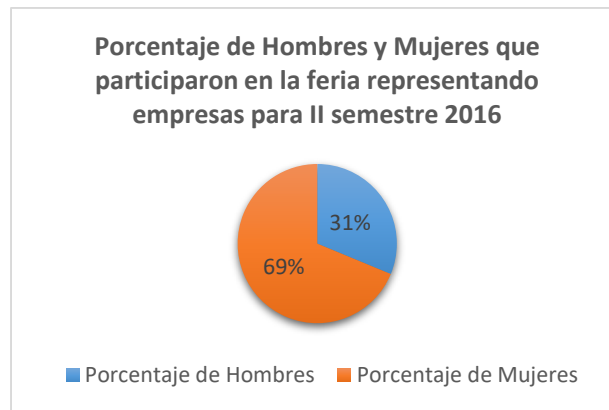


Figura 2. Porcentaje de hombres y mujeres representado empresas

La encuesta tenía 3 preguntas cerradas y 1 pregunta abierta. A continuación, se presenta cada pregunta con sus respectivos resultados:

- a. **Pregunta #1:** ¿Ha participado de este tipo de ferias organizadas por otras universidades? En su mayoría las empresas no han participado en una actividad de este tipo. En la Fig. 3 presenta que la mayoría de las empresas participantes de la feria no había participado en ferias como estas organizadas por otras universidades.

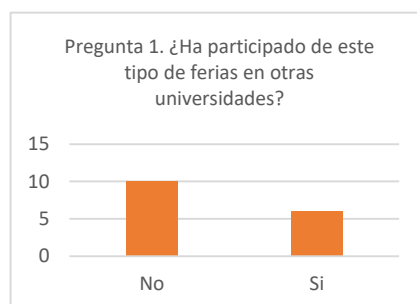


Figura 3. Porcentaje de empresas

- b. **Pregunta #2:** ¿Considera que la Escuela de Informática le brindó toda la información y logística necesaria para esta feria?

El 100% de los encuestados afirmó que si se le brindó toda la información y el apoyo logístico en la actividad.

- c. **Pregunta # 3:** ¿Considera que es importante la vinculación entre la empresa y la academia por qué?
 - El 100% de los encuestados consideraron que si, a continuación, se presentan las razones por las cuales los encuestados consideran su importancia son las siguientes:
 - Nuestra compañía requiere personal con este perfil.
 - Nuestra empresa tiene un gran volumen de posiciones en el área tecnología.
 - Es una alianza importante entre la empresa y la Universidad.
 - Podemos hacer unión entre empresas y la escuela para contribuir con la educación y desarrollo de los estudiantes.
 - Contactos laborales.

- Para generar más empleo para los estudiantes.
- Pertenecemos al mismo sector, aunque de diferente perspectiva (academia, empresarial).
- Por las prácticas y relación Universidad – empresa.
- La actividad va en relación con la carrera de informática.
- Por las diferentes oportunidades que se pueden desarrollar.
- Para la empresa es importante que tanto ustedes como nosotros logren contratar el pasante idóneo.
- Es importante que las Universidades y las empresas trabajen en conjunto para ubicar a los estudiantes laboralmente.
- Para que futuros profesionales conozcan la empresa y poder contratar buenos prospectos graduados.
- Permitiría un trabajo más coordinado.
- Convenios estratégicos empresa/UNA; atracción de talento.

d. Pregunta # 4: ¿Le gustaría continuar participando en futuras ferias en la Escuela de Informática?, el 100% de los encuestados está anuente a participar de dicha actividad.

2. Encuesta no. 2: Cantidad de estudiantes encuestados 71, de los cuales 16 son mujeres lo que representa un 23% y 55 hombres lo que representa un 77%.

a. Pregunta #1: ¿Ya había participado de estas ferias anteriormente? El 46% dijo que si, mientras que el 54% mencionó que no.

b. Pregunta #2: ¿Cuántas empresas conocía desde antes de asistir a la feria?

En la Fig. 4 se puede apreciar que la mayoría de los estudiantes conocen al menos de 2 a 5 de las empresas de software que participaron. Esto quiere decir que la actividad les permitió informarse de otras oportunidades laborales y áreas de informática en la cual estas empresas trabajan.

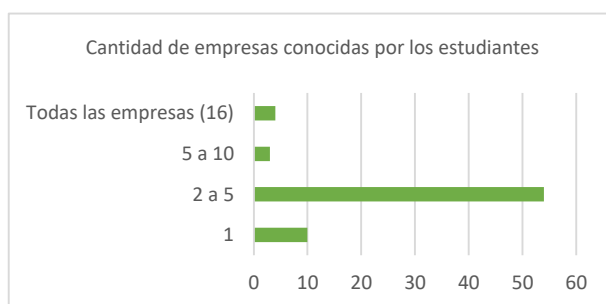


Figura 4. Cantidad de empresas conocidas por los estudiantes

c. Pregunta # 3: ¿Cuál es su opinión a nivel general de la actividad?

El 71, 83 % de los estudiantes considero la actividad como buena y para el 1, 40 % considera que la actividad no cumplió con sus expectativas, el 26,77 restante consideró la actividad entre excelente y regular, lo que permite concluir que a la mayoría de los estudiantes les gustó la actividad.

TABLA 2. PORCENTAJE DE OPINIÓN A NIVEL GENERAL DE LA ACTIVIDAD

Evaluación de la actividad	
Excelente	19,71%
Buena	71,83%
Regular	7,04%
No cumplió mis expectativas	1,40%
Total	100%

d. Pregunta # 4: ¿Por qué considera importante seguir realizando estas actividades?

Respuestas a de las empresas:

- Abre las perspectivas para encontrar una empresa donde realizar la PPS (Práctica Profesional Supervisada).

- Ayuda a encontrar empresas para la práctica.
- Da oportunidades a los estudiantes de conocer empresas del sector que le dan chance a estudiantes sin experiencia
- Es una gran ventaja a los estudiantes para conseguir empleo antes de graduarse
- Es una oportunidad de conocer el mercado laboral.
- Incentivan el espíritu de aprendizaje y mejoran las exceptivas laborales.
- Le da más oportunidades a los estudiantes de incorporarse al sector laboral.
- Lo ayudan a uno a conocer cuales empresas están aceptando practicantes y los requisitos que solicitan.
- Orientan al estudiante en temas del mercado laboral.
- Otorga al estudiante una variada cantidad de empresas en donde aplicar.
- Para que los estudiantes se informen.
- Permite a los estudiantes buscar empresas para la práctica.
- Permite conocer lugares aparte de los más conocidos.
- Permite que los estudiantes sepan cuales empresas necesitan practicantes y así aplicar a alguna.
- Porque los estudiantes no toman la iniciativa para informarse.
- Porque nos brindan un mejor acceso a las oportunidades laborales.
- Porque nos permite conocer empresas en las cuales podemos realizar la práctica a trabajar.
- Porque sirve de guía para los estudiantes.
- Proveer a los estudiantes de información de primera mano, ya que esta es proporcionada por funciones de dichas empresas.
- Se conocen más empresas y lo que el mercado laboral demanda.
- Se dan a conocer oportunidades de empleo para crecer como profesional.
- Se necesita informar más al estudiante sobre esto que es tan importante al momento de salir al mercado laboral.

Los temas desarrollados en las charlas fueron variados como, por ejemplo: cloud computing, plataformas de desarrollo, herramientas de software libre, Big Data, emprendimiento TIC, video juegos, desarrollo de Apps. Hasta el día de hoy se ha contado con la participación de 780 estudiantes de la carrera en charlas extracurriculares.

V. CONCLUSIONES

- Como resultados de la experiencia vivida estos años en la parte de vinculación de empresas se vio la necesidad de crear un plan de trabajo, donde se establezca bien el objetivo general, así como los específicos, de igual manera se deben establecer en forma clara tanto las estrategias como las expectativas de la vinculación con las empresas.
- La organización de la logística en cada actividad: se creó un procedimiento para llevar a cabo las actividades, garantizando una gran participación de estudiantes sin interferir en pérdida de lecciones o bien en la interrupción de alguna actividad académica previamente definida.
- Puede notarse, que la población estudiantil se encuentra muy satisfecha con esta actividad con casi un 90% de aceptación según la encuesta realizada, esto indica que es una opción importante para los estudiantes para su proceso de formación profesional, así como para la búsqueda de opciones para realizar una pasantía.
- Si bien es cierto la vinculación con las empresas es importante, no tiene sentido si los estudiantes no se sienten motivados, razón por la cual es de vital importancia, buscar la forma de motivar a esa población estudiantil que es pasiva e indiferente a este tipo de actividades. Para lograrlo se busca incentivar a la población estudiantil de todos los niveles a que participen en este tipo de actividades para que se vaya creando una cultura dentro de este grupo y que desde los primeros años puedan consultar, participar y conocer más sobre la industria de TI tanto de manera local como manera internacional.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chang Castillo HG. EL MODELO DE LA TRIPLE HÉLICE COMO UN MEDIO PARA LA VINCULACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD Y EMPRESA. *Rev nac adm* [Internet]. 1969 [citado el 21 de julio de 2022];1(1):85–94. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/rna/article/view/286>
- [2] Cimoli M, Primi A, Pugno M. Un modelo de bajo crecimiento: La informalidad como restricción estructural. *Rev CEPAL* [Internet]. 2006 [citado el 21 de julio de 2022];2006(88):89–107. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/11105>
- [3] Cimoli M, Rovira S. Elites and structural inertia in Latin America: An introductory note on the political economy of development. *J Econ Issues* [Internet]. 2008;42(2):327–47. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/25511318>

- [4] Etzkowitz H, Zhou C. The triple helix: University-industry-government innovation and entrepreneurship. 2nd Edition. Londres, Inglaterra: Routledge; 2017.
- [5] Hernandez I, Informe de Labores, 2005
- [6] Castillo R, Luisa E. El sistema nacional de innovación: Un análisis teórico-conceptual. Opción [Internet]. 2004 [citado el 21 de julio de 2022];20(45):59–72. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-15872004000300007
- [7] Orias M, Informe de Gestión, 2015
- [8] Orias M, Informe de Gestión, 2016
- [9] Fundación M, Venezuela J, Pérez R, Andrés M, Rojas ;., Rodolfo L, et al. ENTAILMENT ENTERPRISE STATE UNIVERSITY, SOME EXPERIENCES IN AMERICA AND OTHER COUNTRIES IN EUROPE AND ASIA VINCULACIÓN UNIVERSIDAD EMPRESA ESTADO, ALGUNAS EXPERIENCIAS EN AMÉRICA Y OTROS PAÍSES DE EUROPA Y ASÍA [Internet]. Redalyc.org. [citado el 21 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/782/78232555006.pdf>
- [10] Sanabria Rangel PE, Morales Rubiano ME, Ortiz Riaga C. Interacción Universidad y entorno: marco para el emprendimiento. duc Educ [Internet]. 2015;18(1):111–34. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/834/83439194007.pdf>

Propuesta esquemática para la generación de múltiples diseños de tiendas basados en reglas de asociación

Schematic proposal for the generation of multiple store designs based on association rules.

MSc Student. Andrés Felipe Arboleda Correa
Universidad Nacional De Colombia, Sede Medellín
afarboledac@unal.edu.co

PhD. Francisco Javier Moreno Arboleda
Universidad Nacional De Colombia, Sede Medellín
fjmoreno@unal.edu.co

Resumen — Parte del éxito de una tienda depende de su capacidad para comprender el comportamiento del cliente y su capacidad para reaccionar ante cambios en los hábitos de consumo. El análisis de datos sobre las compras que hacen los clientes es crucial para buscar nuevas oportunidades de ventas. Por lo tanto, es importante encontrar una solución adecuada para el diseño de una tienda. En este trabajo, se presenta el planteamiento del problema y una propuesta esquemática para generar múltiples diseños para una tienda, en la cual se contempla i) la minería de reglas de asociación, ii) el número total de unidades compradas de los productos, iii) la selección de reglas de asociación interesantes (aquellas que superan determinados umbrales para algunas de las medidas que las caracterizan) y iv) un conjunto de restricciones que establecen que ciertos productos o categorías de productos no deberían estar cercanos (según las secciones de una tienda).

Palabras clave; minería de datos; análisis de cestas de compra; reglas de asociación; diseño de tiendas.

Abstract — Part of the success of a store depends on its ability to understand customer behavior and its ability to react to changes in consumer habits. Analyzing data on customer purchases is crucial for finding new sales opportunities. Therefore, it is important to find a suitable solution for the design of a store. In this paper, we state the problem and present a schematic proposal for generating multiple designs for a store, which contemplates i) association rule mining, ii) the total number of units purchased of the products, iii) the selection of interesting association rules (those that exceed certain thresholds for some of the measures that characterize them), and iv) a set of constraints that establish that certain products or categories of products should not be nearby (regarding the sections of a store).

Keywords; data mining; market basket analysis; association rules; store design.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño de una tienda, en particular de un supermercado, es un factor estratégico para aumentar o disminuir sus ventas. El diseño puede influir en el comportamiento de compra de los clientes y en la eficiencia operativa. Un supermercado a menudo se rediseña para responder a las necesidades cambiantes del mercado, por ejemplo, la entrada de (nuevos) productos y marcas, cambios en las preferencias de

compra de los clientes, políticas de mercadeo (promociones, eventos en días especiales), entre otros factores. Un diseño puede incitar o incluso obligar a los clientes a pasar por una determinada zona de un supermercado, lo que puede aumentar la probabilidad de que compren más [1]. Borges et al. [2] expresan que el diseño de las tiendas es un trabajo complejo para los gerentes. Parte de la complejidad radica en la relación entre las categorías en venta, en el impacto en el comportamiento del consumidor y en el tráfico en el supermercado. En el diseño de supermercados no se trata solo de hacer uso del espacio, sino también de aumentar las ventas. La disposición de las secciones o de las categorías de productos influye en las ganancias del supermercado [1].

Existen un gran número de posibilidades para disponer los productos dentro de un supermercado. Por un lado, las disposiciones de las estanterías pueden ser también muy variadas; además, las disposiciones de los productos en los estantes (es decir, en qué posición se coloca un producto en un estante determinado) también pueden ser muy diversas.

Uno de los objetivos de un supermercado es la maximización del beneficio. El objetivo es que los clientes compren el mayor número posible de productos. En el abordaje del problema del gerente de rediseñar las secciones de los productos se usa la minería de datos y las reglas de asociación para encontrar cuáles productos o cuáles categorías de productos se deberían ubicar cerca (en la misma sección o incluso en el mismo estante). La minería de reglas de asociación es un método de minería de datos que examina una base de datos de transacciones (compras) para determinar cuáles artículos se compran con más frecuencia de forma conjunta [1] [3]. La idea es extraer correlaciones, patrones frecuentes, asociaciones o estructuras casuales entre conjuntos de artículos en las bases de datos [1] [4]. Una regla de asociación [5] permite observar la relación entre dos conjuntos de productos. Los análisis basados en la minería de reglas de asociación se han llevado a cabo en una gran variedad de conjuntos de datos y son especialmente útiles en el análisis de grandes volúmenes de datos [6].

El algoritmo Apriori genera las reglas de asociación a partir de un conjunto de compras. El algoritmo descubre los conjuntos de ítems (productos) frecuentes considerando la ocurrencia del conjunto de elementos en las transacciones y no considera aspectos como el beneficio o la cantidad. De acuerdo con este último aspecto, en un sistema de compras puede ocurrir que algunos productos cumplan tres condiciones: i) aparezcan solo en unas pocas compras, ii) sean comprados en grandes cantidades y iii) sean determinantes para las ganancias del negocio. Por lo tanto, estos productos son decisivos para las ventas. Sin embargo, la minería de reglas de asociación suele no considerar o dar poca importancia a este tipo de aspectos.

En este artículo se presenta una propuesta esquemática para el desarrollo de un algoritmo para generar múltiples diseños para una tienda, en las cuales se contempla el uso de i) la minería de reglas de asociación, ii) el número total de unidades compradas de los productos, iii) la selección de reglas de asociación interesantes (que cumplen ciertos umbrales para algunas de sus métricas) y iv) un conjunto de restricciones que establecen que ciertos productos o categorías no deberían estar cercanos (en una sección de la tienda).

En [7] se recopilan y resumen trabajos enfocados en las reglas de asociación donde se considera la cantidad de unidades compradas de cada producto, el diseño de instalaciones usando reglas de asociación, las reglas de asociación en los supermercados y finalmente trabajos que se enfocan en diseño de supermercados. Para este último se mencionan principalmente: i) el enfoque clásico, donde las tiendas minoristas se organizan tradicionalmente en departamentos, i.e., en un departamento se juntan los productos que comparten algunas características funcionales, e.g., productos con el mismo propósito (e.g., aseo, entretenimiento, cuidado personal) o del mismo origen (productos del mar, importados) y ii) el enfoque propuesto por Cil [1], donde se agrupan los productos en torno a universos de consumo relacionados con la asociación de compras. Así, en lugar de encontrar café en la sección de bebidas, queso en la sección de lácteos, jamón en la sección de carnes y pan en la sección de panadería, se podrían encontrar todos esos productos en el *universo de consumo de desayuno*. Otros universos, como el *universo del bebé* o el *universo del campo*, proponen el mismo esquema para agrupar diferentes categorías de productos.

Este artículo está organizado así: en la sección II se presenta el planteamiento del problema con un ejemplo ilustrativo, en la sección III se presenta la propuesta esquemática para el diseño de múltiples diseños de tiendas basados en reglas de asociación y en la sección IV se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A. Ejemplo ilustrativo

Supóngase que un gerente requiere rediseñar las secciones de una tienda donde se va a considerar el histórico de las transacciones (compras). Para este ejemplo se suponen 24 compras. En la Tabla I se muestran solamente algunas de ellas. Aunque el número de compras para este ejemplo es insignificante para un caso real, sí permite evidenciar algunos problemas y aspectos de interés a la hora de abordar el diseño.

Tabla I. Muestra de transacciones (compras).

Id	Transacciones
1	{1 x Leche Deslactosada, 5 x Manzanas Gala Roja, 5 Manzanas Gala Verde, 1 x Paquete de Galletas Saladas, 1 x Jabón Para Ropa}
2	{1 x Leche Entera, 1 x Paquete de Galletas Dulces}
3	{1 x Leche Entera, 8 x Manzanas Gala Roja, 1 x Paquete de Galletas Saladas, 1 x Jabón Para La Piel}
...	...
24	{1 x Leche Deslactosada, 3 x Escoba}

Los productos de las transacciones de la Tabla I se pueden clasificar en una estructura jerárquica basada en las secciones, divisiones, grupos, clases y subclases propuesto por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas [8]. En la Fig. 1 se presenta la categorización aplicada a nivel de subclases para algunos productos de la Tabla I. En la Tabla II se muestran algunos ejemplos de estadísticas de las compras luego de clasificar los productos en las subclases correspondientes.

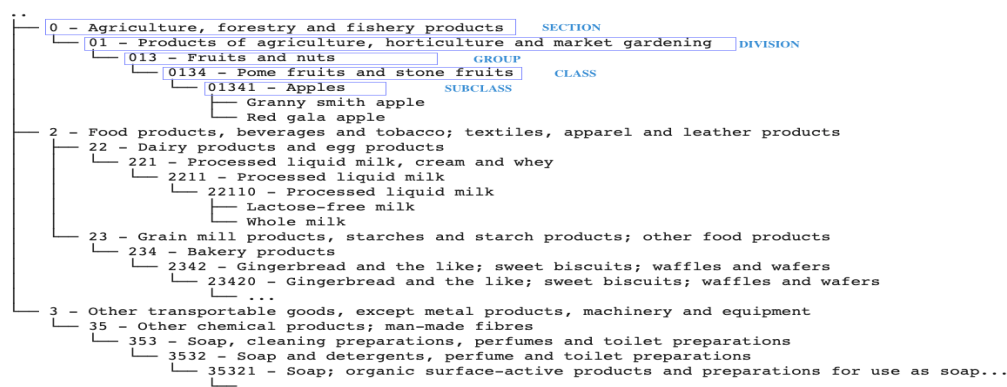


Figura 1. Árbol de clasificación de productos. Adaptado de [8].

Tabla II. Algunas estadísticas de los productos de la Tabla I clasificados según el árbol de la Fig. 1.

	Categoría (de producto)								
	<i>Processed liquid milk</i>	<i>Apples</i>	<i>Biscuits</i>	<i>Soap</i>	<i>Oranges</i>	<i>Brooms, brushes...</i>	<i>Bottled waters...</i>	<i>Pig meat...</i>	<i>Dairy products</i>
Número total de unidades de la categoría en todas las transacciones	24	46	17	8	6	10	6	3	2
Número de transacciones en las que aparece la categoría	24	6	17	8	3	6	4	3	2
% de transacciones en las que aparece la categoría	100%	25%	70.833%	33.333%	12.5%	25%	16.667%	12.5%	8.333%

Según los datos de la Tabla II, se observa que *Processed liquid milk* se suele adquirir junto con *Biscuits* (en el 70.8% de las transacciones), con *Soap* (en el 33% de las transacciones) y con *Apples* (en el 25% de las transacciones). Esto sugiere que *Processed liquid milk* podría estar en dos o más secciones de la tienda, e.g., en la sección de horneados y en la sección de frutas (pero no en la sección de aseo, por razones sanitarias).

Lo anterior muestra que los conjuntos de productos que se suelen adquirir frecuentemente en conjunto *por sí solos* no son suficientes para resolver el problema de diseño de una tienda (es decir, ¿qué productos se deben colocar contiguos? [9]). Por ejemplo, hay leyes (no se permite que los productos químicos estén cerca de los alimentos) o tradiciones (la ropa interior masculina y femenina no se suele ubicar en la misma sección) para la ubicación de los productos. Si se ubicarán juntos, esto podría ocasionar daños a la salud (contaminación de un alimento con un químico) o cuando menos parecer extraño (no se ajusta a "tradiciones

establecidas" [9]). Según lo anterior se justifica la especificación de un conjunto de restricciones de productos (o de categorías de productos) que no deberían estar contiguos, como la leche y el jabón, a pesar de que suelen aparecer juntos en las compras.

A continuación, se presentan algunos conceptos esenciales de las reglas de asociación. Estas se pueden calcular a partir de las compras de un supermercado e indican el comportamiento real del consumidor [1]. A cada uno de los elementos (productos o sus categorías) que forman parte de las compras se le conoce como un *item* y a un conjunto de estos un *itemset*.

Una regla de asociación tiene dos partes: el antecedente o *left hand side* (LHS) y el consecuente o *right hand side* (RHS). Por ejemplo, sea la regla $\{Processed\ liquid\ milk\} \Rightarrow \{Apples\}$. Aquí *Processed liquid milk* es el antecedente y *Apples* es el consecuente. Las reglas de asociación se generan durante la búsqueda de patrones frecuentes [10]. Tanto el antecedente como el consecuente pueden ser *itemsets*.

El problema de encontrar reglas de asociación se divide en dos subproblemas: i) encontrar conjuntos de elementos frecuentes (*itemsets*) y ii) encontrar reglas de asociación a partir de estos *itemsets*. Finalmente, se seleccionan las reglas de asociación interesantes las cuales son aquellas que superan unos determinados umbrales de las medidas soporte, confianza y elevación [10], [6] que caracterizan a una regla de asociación. A continuación, se detallan estas medidas:

Si se considera la regla de asociación $A \Rightarrow B$ donde A y B son *itemsets*.

Soporte (support): es el indicador de la frecuencia con la que se produce un ítem en la base de datos. Para una regla $A \Rightarrow B$, su soporte es el porcentaje de transacciones en la base de datos que contienen $A \cup B$ [10]. Para un *itemset* A el soporte es el número de transacciones que contienen A dividido entre el total de transacciones [11]. Se calcula con las fórmulas:

$$support(A) = P(A). \quad (1)$$

$$support(A \Rightarrow B) = P(A \cup B). \quad (2)$$

La notación $P(A)$ representa la proporción de veces en el que el *item* A aparece en las transacciones, similarmente $P(A \cup B)$ representa la proporción en que A y B coinciden en las transacciones [6].

Confianza (confidence): es la probabilidad de ocurrencia del evento B con base en la ocurrencia del evento A . La confianza de la regla de asociación $A \Rightarrow B$ se calcula con la fórmula [12] [13]:

$$confidence(A \Rightarrow B) = P(B | A) = \frac{P(A \cup B)}{P(A)} = \frac{support(A \cup B)}{support(A)}. \quad (3)$$

Elevación (lift): es un indicador de la influencia positiva o negativa del LHS con respecto al RHS. Por lo tanto, cuanto mayor sea el *lift*, mayor será la probabilidad de que A y B aparezcan juntos. Se calcula con la fórmula [14]:

$$Lift(A \Rightarrow B) = \frac{Confidence(A \cup B)}{P(A) * P(B)} = \frac{Support(A \cup B)}{Support(B) * Support(A)}. \quad (4)$$

Al calcular el *Lift*, se tienen tres posibilidades [14]: i) si es mayor que 1, la correlación es positiva, ii) si es menor que 1, la correlación es negativa y iii) si es igual a 1, la correlación es independiente.

Existen diferentes algoritmos para generar reglas de asociación, como el Apriori [15] y el FP-growth. Cualquier algoritmo de reglas de asociación debería encontrar el mismo conjunto de reglas, aunque sus eficiencias computacionales y requisitos de memoria puedan ser diferentes. En este trabajo se usará el algoritmo Apriori.

El algoritmo Apriori es uno de los más usados para encontrar reglas de asociación [1]. Es el algoritmo más famoso y clásico para la minería de patrones frecuentes [10]. El núcleo del algoritmo es la iteración basada en la idea de los *itemsets* en dos etapas:

En la primera etapa se encuentran todos los *itemsets* frecuentes. Los pasos del proceso son los siguientes [12]: Se revisan todas las transacciones para generar el conjunto de elementos candidatos $C1$. A continuación, de acuerdo con un umbral de soporte mínimo, se seleccionan los *itemsets* que cumplen el

umbral, los cuales se denominan *frequent itemsets* L1. En la Tabla III se muestra la primera iteración del algoritmo aplicada a las compras de la Tabla II con un umbral de soporte mínimo mayor o igual que 20%.

Tabla III. Primera iteración Apriori generación de *frequent itemsets*.

<i>1-itemset C1</i>	<i>Support count</i>	<i>Support</i>	<i>Frequent itemset L1</i>	<i>Support</i>
{Processed liquid milk}	24	1	{Processed liquid milk}	1
{Apples}	6	0.250	{Apples}	0.250
{Biscuits}	17	0.708	{Biscuits}	0.708
{Soap}	8	0.333	{Soap}	0.333
{Oranges}	3	0.125	{Oranges}	0.125
{Brooms, brushes..}	6	0.250	{Brooms, brushes..}	0.250
{Bottled waters...}	4	0.167	{Bottled waters...}	0.167
{Pig meat..}	3	0.125	{Pig meat..}	0.125
{Dairy products}	2	0.083	{Dairy products}	0.083

Se continúa con las demás iteraciones y se obtienen C2 y C3 y sus correspondientes L2 y L3. En la Tabla IV se presenta la tercera iteración, donde no se tienen suficientes *items* para generar C4 deteniendo así el primer paso.

Tabla IV. Tercera iteración Apriori generación de *frequent itemset*.

<i>3-itemset C3</i>	<i>Support count</i>	<i>Support</i>	<i>Frequent itemset L3</i>	<i>Support</i>
{'Processed liquid milk','Apples','Biscuits'}	4	0.167		
{'Processed liquid milk','Apples','Soap'}	3	0.125		
{'Processed liquid milk','Apples','Brooms, brushes..'}.	0	0		
{'Processed liquid milk','Biscuits','Soap'}	7	0.292	{'Processed liquid milk','Biscuits','Soap'}	0.292
{'Processed liquid milk','Biscuits','Brooms, brushes..'}.	2	0.083		
{'Processed liquid milk','Soap','Brooms, brushes..'}.	2	0.083		
{'Apples','Biscuits','Soap'}	3	0.125		
{'Apples','Biscuits','Brooms, brushes..'}.	0	0		
{'Apples','Soap','Brooms, brushes..'}.	0	0		
{'Biscuits','Soap','Brooms, brushes..'}.	1	0.042		

El siguiente paso es generar reglas de asociación a partir de cada uno de los *frequent itemsets*, para esto se aplica el siguiente algoritmo [16]:

Para cada *frequent itemset* L, obtener todos los posibles subsets no vacíos de L

Para cada subset s de L, crear la regla $s \Rightarrow (L - s)$

Descartar todas las reglas que no superen el umbral mínimo de confianza

Supóngase un mínimo de confianza de 25%; al calcular las reglas de asociación a partir de los *frequent itemsets*, en la Tabla V se presentan las reglas obtenidas.

Tabla V. Reglas de asociación generadas.

<i>Antecedent</i>	<i>Consequent</i>	<i>Support</i>	<i>Confidence</i>
{Brooms - brushes}	{Processed liquid milk}	0.250	1
{Processed liquid milk}	{Brooms - brushes}	0.250	0.250
{Apples}	{Processed liquid milk}	0.250	1
{Processed liquid milk}	{Apples}	0.250	0.250
{Soap}	{Biscuits}	0.292	0.875
{Biscuits}	{Soap}	0.292	0.412
{Soap}	{Processed liquid milk}	0.333	1
{Processed liquid milk}	{Soap}	0.333	0.333
{Biscuits}	{Processed liquid milk}	0.708	1
{Processed liquid milk}	{Biscuits}	0.708	0.708
{Biscuits,Soap}	{Processed liquid milk}	0.292	1
{Processed liquid milk,Soap}	{Biscuits}	0.292	0.875
{Biscuits,Processed liquid milk}	{Soap}	0.292	0.412

En la Tabla V si se consideran las reglas de $Biscuits \Rightarrow Processed\ liquid\ milk$ (con un soporte de 70.8%) y $Apples \Rightarrow Processed\ liquid\ milk$ (con un soporte de 25%) y se supone un umbral mínimo de soporte del 30%, entonces la regla $Apples \Rightarrow Processed\ liquid\ milk$ no se consideraría significativa; sin embargo, nótese que el producto *Apples* es el más vendido (46 unidades). Como se mencionó en la

introducción, este aspecto suele ser ignorado en la minería de reglas de asociación clásica y conduce a una pérdida de información [17].

III. PROPUESTA ESQUEMÁTICA

Para resolver el problema presentado en la Sección II se plantea un esquema para desarrollar en el futuro un algoritmo en el que a partir del histórico de las compras de productos de un supermercado se genere uno o más diseños para este. En cada diseño un mismo producto podría aparecer en varias secciones de la tienda, e.g., la leche en la sección de productos horneados y en la sección de frutas.

En el primer paso del esquema propuesto se pretende usar las reglas de asociación descritas en la sección II y en las cuales se considere la cantidad de la que un producto es adquirido, lo cual es ignorado en las reglas de asociación clásicas [17].

En el segundo paso se descartan algunas reglas a partir de unos umbrales para las medidas como lo son el soporte, la confianza y la elevación [6].

En el tercer paso se contemplan las restricciones de productos (o de categorías de productos) que no se pueden encontrar cercanos (por leyes o tradiciones) [9]. Se espera expresar estas reglas mediante algún lenguaje de restricciones (por ejemplo, cálculo relacional).

En el cuarto paso, a partir de las reglas resultantes, se pretende agrupar en *clusters* los productos que componen las reglas de asociación. El *clustering* es el proceso de examinar una colección de "puntos" y agruparlos en grupos según alguna medida de distancia. El objetivo es que los puntos de un mismo *cluster* tengan una distancia "pequeña" (también mediante un umbral especificado por el analista) entre ellos [18].

Finalmente, en el quinto paso, a partir de los *clusters* obtenidos en el paso anterior, se pretende generar los diseños para una tienda.

En la Fig. 2 se presenta el esquema.

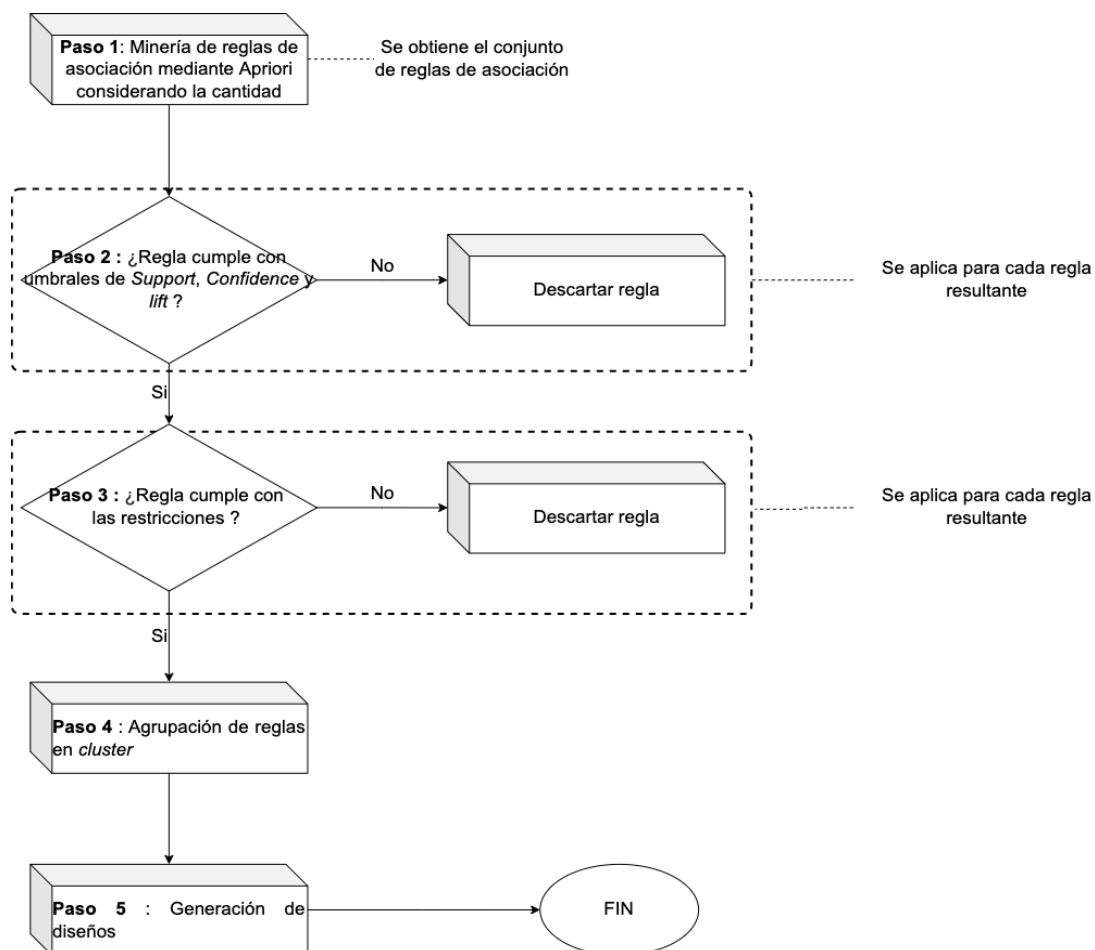


Figura 2. Propuesta esquemática para la generación de múltiples diseños de tiendas.

Si inicialmente no hay datos de las compras de los clientes (*start cold*), e.g., cuando se está iniciando con un supermercado, se puede usar el enfoque tradicional descrito en [1] [19]. Luego, a medida que se generen compras se puede aplicar el algoritmo, aplicar el diseño generado por este y periódicamente aplicar el algoritmo de acuerdo con las compras que se van generando, pudiéndose obtener cambios en las distribuciones de las secciones (evolución de los diseños).

Adicionalmente, el gerente o el analista encargado del diseño podría determinar que algunos productos no van a entrar en el algoritmo porque tienen una ubicación específica, fija, e.g., cerca de las cajas registradoras se suelen poner libros, revistas o dulces.

IV. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó una propuesta esquemática de un algoritmo con un ejemplo ilustrativo, en el cual se considera i) la cantidad comprada de los productos en la generación de las reglas de asociación, ii) el esquema de categorización de productos diseñado por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas [8], iii) un conjunto de restricciones entre las categorizaciones de productos que no se deben ubicar cerca por leyes o tradiciones, iv) la selección de reglas de asociación interesantes y v) la agrupación en *clusters* de reglas de asociación.

Este trabajo se puede extender y se podría aplicar en el diseño de otros espacios físicos, e.g., tiendas de ropa, de productos electrónicos, bodegas, entre otros. Como trabajo futuro se pretende desarrollar en una próxima etapa el desarrollo de cada uno de los pasos del esquema propuesto y evaluar la propuesta frente a otras opciones de diseño, como el diseño clásico de supermercados basado en categorías de productos. En este desarrollo se planea usar información transaccional de un supermercado real y al comparar con otros enfoques de diseño, evaluar métricas, como la eficiencia computacional y el beneficio, i.e., con cuál diseño se obtiene mayores beneficios monetarios y mejor rendimiento computacional.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. Cil, "Consumption universes based supermarket layout through association rule mining and multidimensional scaling," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 10, pp. 8611–8625, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.eswa.2012.01.192.
- [2] A. Borges, Chairholder, and Auchan, "Toward a new supermarket layout: from industrial categories to one stop shopping organization through a data mining approach," 2004.
- [3] Y. F. Wang, Y. L. Chuang, M. H. Hsu, and H. C. Keh, "A personalized recommender system for the cosmetic business," *Expert Systems with Applications*, vol. 26, no. 3, pp. 427–434, Apr. 2004, doi: 10.1016/J.ESWA.2003.10.001.
- [4] M. C. Chen, "Ranking discovered rules from data mining with multiple criteria by data envelopment analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. 33, no. 4, pp. 1110–1116, Nov. 2007, doi: 10.1016/J.ESWA.2006.08.007.
- [5] R. Agrawal, T. Imieliński, and A. Swami, "Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases," in *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 1993, pp. 207–216. doi: 10.1145/170035.170072.
- [6] P. D. McNicholas, T. B. Murphy, and M. O'Regan, "Standardising the lift of an association rule," *Computational Statistics & Data Analysis*, vol. 52, no. 10, pp. 4712–4721, Jun. 2008, doi: 10.1016/J.CSDA.2008.03.013.
- [7] A. F. Arboleda and F. Moreno, "Análisis y oportunidades para el diseño de supermercados basado en reglas de asociación," in *Computación para el Desarrollo – XIV Congreso*, 2021, pp. 57–67.
- [8] Department of Economic and Social Affairs, "Central Product Classification (CPC) Version 2.1," New York, 2015. Accessed: Jun. 21, 2021. [Online]. Available: [https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/Download/In%20Text/CPCv2.1_complete\(PDF\)_English.pdf](https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/Download/In%20Text/CPCv2.1_complete(PDF)_English.pdf)
- [9] K. Buza, A. Buza, and P. B. Kis, "Towards better modeling of supermarkets," in *ICCC-CONTI 2010 - IEEE International Joint Conferences on Computational Cybernetics and Technical Informatics, Proceedings*, 2010, pp. 499–503. doi: 10.1109/ICCCYB.2010.5491220.
- [10] K. Garg, "Mining Efficient Association Rules Through Apriori Algorithm Using Attributes and Comparative Analysis of Various Association Rule Algorithms," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 3, no. 6, p. 2277, 2013, Accessed: Mar. 21, 2022. [Online]. Available: www.ijarcsse.com
- [11] M. J. Zaki and M. Ogihara, "Theoretical Foundations of Association Rules," 2004, Accessed: Jan. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/2921443>

- [12] F. Liang, H. Li, W. Zhang, and C. Zhang, "An Improved Distance Metric Clustering Algorithm for Association Rules," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1284, no. 1, p. 012030, Aug. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1284/1/012030.
- [13] P. S. Sandhu, D. S. Dhaliwal, and S. N. Panda, "Mining utility-oriented association rules: An efficient approach based on profit and quantity," *International Journal of the Physical Sciences*, vol. 6, no. 2, pp. 301–307, 2011, doi: 10.5897/IJPS09.303.
- [14] N. Hussein, A. Alashqur, and B. Sowan, "Using the interestingness measure lift to generate association rules," *Journal of Advanced Computer Science & Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 156–162, 2015, doi: 10.14419/jacst.v4i1.4398.
- [15] R. Agrawal and R. Srikant, "Fast Algorithms for Mining Association Rules".
- [16] C. Aflori and M. Craus, "Grid implementation of the Apriori algorithm," *Advances in Engineering Software*, vol. 38, no. 5, pp. 295–300, 2007, doi: 10.1016/J.ADVENGSOFT.2006.08.011.
- [17] S. Ibrahim and J. Revathy, "A Novel Quantity based Weighted Association Rule Mining," *International Journal of Engineering Inventions*, vol. 4, no. 3, Aug. 2014.
- [18] J. Leskovec, A. Rajaraman, and J. D. Ullman, "Clustering," *Mining of Massive Datasets*, pp. 228–266, Dec. 2014, doi: 10.1017/CBO9781139924801.008.
- [19] G. R. Peterson, "ECONOMICS IN STORE LAYOUT AND DESIGN." 1970. Accessed: Nov. 12, 2020. [Online]. Available: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US2012209216>

Minería de datos para determinar la relación entre fuentes de contaminación del aire y enfermedades respiratorias

Un estudio exploratorio desde la percepción ciudadana

Data mining to determine the relationship between air pollution sources and respiratory diseases

An exploratory study from the citizens' perception

Pablo Pico-Valencia

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
pablo.pico@pucese.edu.ec

José Zamora-Zambrano

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador
jose.zamora@pucese.edu.ec

Resumen — Hoy en día la contaminación del aire se ha convertido en un tema de alarma a nivel mundial. A raíz de este problema las personas que viven en lugares cercanos a las principales fuentes de contaminación están presentando afecciones en su salud. Es así como se han desarrollado proyectos orientados a medir los principales componentes químicos que se encuentran presentes en el aire para tomarlos como base en la implementación de soluciones tecnológicas que coadyuven en la toma de decisiones para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Este artículo presenta un sistema basado en la plataforma Ushahidi orientado a la captura de datos georreferenciados sobre la percepción de los ciudadanos en relación con la calidad de aire que respiran en su entorno. Estos datos, de naturaleza cualitativa, permitieron a través de la técnica de minería de datos, identificar la relación entre las fuentes contaminantes y los problemas de salud que aqueja un grupo de individuos en la ciudad de Esmeraldas. Sin embargo, por el hecho que este estudio constituyó una investigación formativa, éste estuvo enmarcado solo en probar la herramienta en un grupo de estudiantes previo a ponerla en producción con una muestra más representativa.

Palabras clave; *Ushahidi, enfermedad respiratoria, contaminación, aire, Weka.*

Abstract — Today, air pollution has become a worldwide concern. As a result, people living near major sources of pollution are experiencing health problems. Thus, projects have been developed to measure the main chemical components that are present in the air to take them as a basis for implementing technological solutions that help in making decisions to improve the quality of life of citizens. This article presents a system based on the Ushahidi platform aimed at capturing georeferenced data on the perception of citizens in relation to the quality of air they breathe in their environment. These data, of a qualitative nature, allowed through the technique of data mining, to identify the relationship between the contaminating sources and the health problems that a group of individuals in the city of Esmeraldas have suffered. However, because this study constituted a formative investigation, it was limited to testing the tool in a group of students before putting it into production with a more representative group.

Keywords; *Ushahidi, respiratory disease, pollution, air, Weka.*

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica aumenta progresivamente al ritmo en que crecen las ciudades y las industrias. Este crecimiento está impactando negativamente al planeta Tierra y a los seres vivos que la habitan [1]. Por este motivo, las autoridades a nivel mundial, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, y a nivel de país, a través de sus gobiernos locales, han empezado a tomar cartas en el asunto. Muchos gobiernos locales se han apoyado de la tecnología para monitorear los niveles de contaminación atmosférica que les permitan conocer la situación real de la calidad del aire en sus territorios y en base a ello establecer medidas de control para disminuir el impacto sobre las personas.

La monitorización de la calidad del aire en ciudades inteligentes requiere que los datos obtenidos por sensores tengan un componente espacial que especifique las zonas en las que los contaminantes han sido emanados y la forma en que se desplazan [2]. Para incluir el componente espacial a estos datos, ciudades como Medellín en Colombia, Rio de Janeiro en Brasil, más de 200 ciudades en China y otras ciudades a lo largo del planeta han hecho uso de los sistemas de información geográfica (SIG) [3] combinados con diversas técnicas entre las que sobresalen las técnicas estadísticas [4], big data [5] y las técnicas de Inteligencia Artificial como Aprendizaje Automático [6] y Minería de Datos [7]. Así, los especialistas en medio ambiente, de la salud y gestores de las ciudades han podido determinar los principales contaminantes que mayormente impactan sobre la calidad del aire.

Se ha evidenciado que el uso de SIGs es fundamental en sistemas de monitorización y análisis de datos de calidad del aire. Varias propuestas han estado enmarcadas en esta línea. En primer lugar, en el estudio realizado por [8], se describe la utilización de SIGs con técnicas de interpolación como método alternativo de imputación estadística. La integración de estas técnicas permitió al sistema propuesto medir los niveles en los que se encuentran presentes tres contaminantes del aire tales como: PM10, NO2 y sólidos suspendidos totales (SST). En esta misma línea, Ya'Acob et al. [9] implementaron un SIG usando ArcGIS para la obtención, análisis y monitoreo del nivel de contaminación del aire en cinco ciudades principales de Selangor, Malasia. Asimismo, Moscoso-Vanegas et al. [4] emplearon ArcGIS para analizar los datos de contaminación atmosférica en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

Aprovechando los beneficios de los SIG, otros investigadores han aplicado esta tecnología, pero realizan su implementación con herramientas open source. Un caso particular es el trabajo de Wang y Luo [2], quienes recopilaron y gestionaron datos ambientales de acceso público para monitorear el nivel de contaminación del aire, así como también datos de lluvia ácida, agua y ruido de una ciudad. Los investigadores emplearon WebGIS como método de recopilación de datos, MapServer y la biblioteca de JavaScript para la proyección de los datos, y Postgis como base de datos espacial. De manera similar, Ma, Sun y Zhu [10] emplearon la herramienta open source SuperMap para monitorear zonas urbanas de Beijing. Asimismo, Zeng, Chang y Fang [11] propusieron una arquitectura de predicción de la calidad del aire haciendo énfasis en las enfermedades que trae consigo la contaminación atmosférica en sectores específicos. La implementación de dicho sistema se realizó a través de la API de Google Map y la biblioteca D3 JavaScript.

Los análisis realizados en las distintas ciudades del mundo que han implementado sistemas de monitorización han determinado que los principales contaminantes del aire son: partículas sólidas o líquidas (PM10), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono [9]. Sobre estos datos las autoridades han aplicado medidas de control para disminuir la contaminación atmosférica. Sin embargo, muchas veces estos datos no son coherentes con lo que perciben las personas en su entorno. Para cubrir esta necesidad, se plantea en este estudio un sistema de captura de datos georreferenciados que permite a los ciudadanos indicar de manera empírica el impacto de las fuentes de contaminación del aire cercanas al entorno en el que se desenvuelven cotidianamente. También se le permite al usuario exponer su criterio personal, de acuerdo con su experiencia en la zona donde vive, especificar qué fuentes de contaminación convive, e indicar qué enfermedades son las que padecen comúnmente.

El objetivo de este estudio es diseñar e implementar un sistema de captura de datos georreferenciados que sirva de apoyo a los sistemas de monitorización de calidad del aire. Estos datos han sido proveídos por un grupo de estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Esmeraldas) de las carreras de Sistemas y Computación, y Tecnologías de la Información, en un trabajo de investigación formativa. Dichos estudiantes emplearon su teléfono inteligente para ingresar los datos relacionados con las principales fuentes de contaminación que están cercanas al perímetro de sus hogares. Con esta información, procesada y normalizada, se generaron datos que a través de los algoritmos de minería de datos permitieron identificar patrones de tipo “fuente de contaminación-enfermedad” que los individuos sujetos a estudio han padecido en los últimos años. Es importante señalar, que en esta primera fase de la investigación, solo se buscó probar el funcionamiento de la herramienta a fin de identificar falencias, que serán corregidas para poner el sistema en producción con una muestra representativa de los barrios de la ciudad de Esmeraldas.

El presente documento está organizado en seis secciones. La sección 2 describe los materiales y métodos utilizados para realizar esta investigación. En la sección 3 se describe la propuesta y los principales aspectos relacionados con el desarrollo de la propuesta. La sección 4 describe los principales patrones obtenidos en

relación con las fuentes de contaminación del aire y los problemas de salud que aquejan a los habitantes del cantón Esmeraldas en Ecuador. Finalmente, en la sección 5 se presentan las lecciones aprendidas y recomendaciones.

II. METODOLOGÍA

La investigación constituye un estudio de tipo cualitativa-experimental ya que tiene como objeto desarrollar un sistema orientado a recolectar características fundamentales sobre el impacto que tienen las principales fuentes de contaminación atmosférica en la salud de los habitantes, que conviven con ellas, en un perímetro urbano. De la misma manera dentro de esta investigación se aplica el método deductivo ya que toma los datos empíricos de los individuos sujetos a estudio respecto a las afecciones respiratorias que han sufrido y las relaciona para descubrir patrones que no se ven a simple vista con los datos de las plataformas de monitorización. Para ello se emplean técnicas de minería de datos y técnicas de visualización.

Se utilizó una herramienta web de obtención de datos geográficos en distintos barrios del cantón Esmeraldas. Los datos capturados a través de un formulario web y un mapa de Google Maps permitieron determinar desde el punto de vista de los individuos sujetos a estudio la relación “fuentes de contaminación del aire respecto a perjuicios de salud respiratorios” como se especificó previamente.

Como población se tomaron a 100 estudiantes de Sistemas y Computación, y Tecnologías de la Información (TI). De éstos se consideró una muestra de 30 estudiantes elegidos de manera aleatoria. De esta manera, considerando que los individuos sujetos a estudio viven en distintos sectores del cantón Esmeraldas, se delimitó la investigación es este cantón en particular ya que es donde se encuentran localizadas las principales industrias de la provincia como Refinería Estatal Esmeraldas, Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC E.P.), Contrachapados de Esmeraldas (CODESA), el vertedero general de la ciudad, entre otras de menor magnitud.

A. Herramientas usadas

En primer lugar, se usó Ushahidi como plataforma web para crear encuestas personalizadas y compartirlas por las diferentes redes sociales más utilizadas en la actualidad de manera que fuera accesible por los individuos que participaron en la investigación. Es importante señalar que Ushahidi está equipado con un mapa interactivo que permite enviar información de forma referenciada y anónima de acontecimientos que se estén dando en determinado momento como en: desastres naturales, pandemias, contaminación, entre otras. De esta manera, fue posible que el análisis de los datos pudiera integrar un componente espacial que ayude a determinar las zonas geográficas más vulnerables en relación con las fuentes de contaminación atmosférica.

Por otro lado, complementariamente a la herramienta de adquisición de datos, se empleó la herramienta Weka [12] para realizar el análisis de los datos y descubrir patrones en relación con las fuentes de contaminación y los principales problemas de salud que padecen los individuos participantes en este estudio. Weka es una plataforma de minería de datos que cuenta con una interfaz amigable y dispone de una colección de herramientas orientadas a la visualización, preprocesamiento y el análisis de datos aplicando una diversa gama de algoritmos de clasificación y agrupamiento a partir de los cuales es factible descubrir información que a simple vista no es posible [13].

B. Instrumento de recolección de datos

Como técnica de recolección de datos se empleó la encuesta. Dicha encuesta, enfocada en obtener datos del impacto de las fuentes de contaminación atmosférica en la salud de los ciudadanos, se estructuró tomando como base las principales fuentes de contaminación atmosférica que puedan existir. Entre las fuentes de contaminación consideradas, figuran las siguientes: fuentes fijas, gases presentes en el medio ambiente, fuentes móviles, fuentes de área y fuentes naturales.

- **Fuentes fijas.** Son plantas industriales estacionarias que generan emisiones desde equipos estacionarios a través de chimeneas o ductos de venteo, o bien desde fuentes fugitivas no confinadas. Ejemplo: refinerías, centrales eléctricas, industrias varias.
- **Gases presentes en el medio ambiente.** Son gases producidos por la actividad industrial que se encuentran presentes en el aire y que en cantidades altas pueden causar problemas a la salud. Ejemplo: metano, azufre.
- **Fuentes móviles.** Corresponde a cualquier máquina, aparato o dispositivo emisor de contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo que no tiene un lugar fijo. Ejemplo: automóviles, aviones, motocicletas.
- **Fuentes de área.** Son esencialmente fuentes demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera efectiva en el inventario de fuentes fijas. Ejemplo: aguas servidas, minas.

- **Fuentes naturales.** Son gases, líquidos y otros residuos materiales que provienen de la naturaleza y que alteran el equilibrio del medio ambiente. Ejemplo: polen, olores por muerte de animales.

Asimismo, se consideró el aspecto relacionado con las enfermedades respiratorias que comúnmente padecen o han padecido de manera personal los individuos sujetos a estudio. Se enfatiza principalmente en las enfermedades respiratorias debido a que son aquellas que se originan por una mala calidad del aire y están directamente relacionadas con la contaminación atmosférica. Las principales enfermedades consideradas figuran las siguientes: asma, alergias, cáncer de pulmón y afecciones pulmonares leves, Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cardiovasculares agudos (infarto de miocardio) y el desarrollo de enfermedad coronaria. No se han considerado enfermedades como resfriados y otras similares debido a que estas son estacionarias y muchas veces las personas se contagian en zonas distintas a las que habitan cotidianamente. El formulario utilizado como instrumento de recolección de datos se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://josezamora.ushahidi.io/posts/create/3>. Es importante señalar, que previo a investigar un sector específico mediante el uso del formulario, se hayan capturado datos empleando sensores; de manera que previamente se haya corroborado la emisión de gases de contaminación atmosférica en la zona a estudiar.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La propuesta incorporó herramientas orientadas a llevar a cabo 3 etapas, esto es, captura de datos por parte de los usuarios, normalización de datos a uno de los formatos compatibles con la herramienta de visualización y análisis de datos, y finalmente, la etapa de análisis de datos en la que se lleva a cabo el descubrimiento de patrones que no son visibles a simple vista en los datos recopilados. Estas etapas se ilustran en la Figura 1.

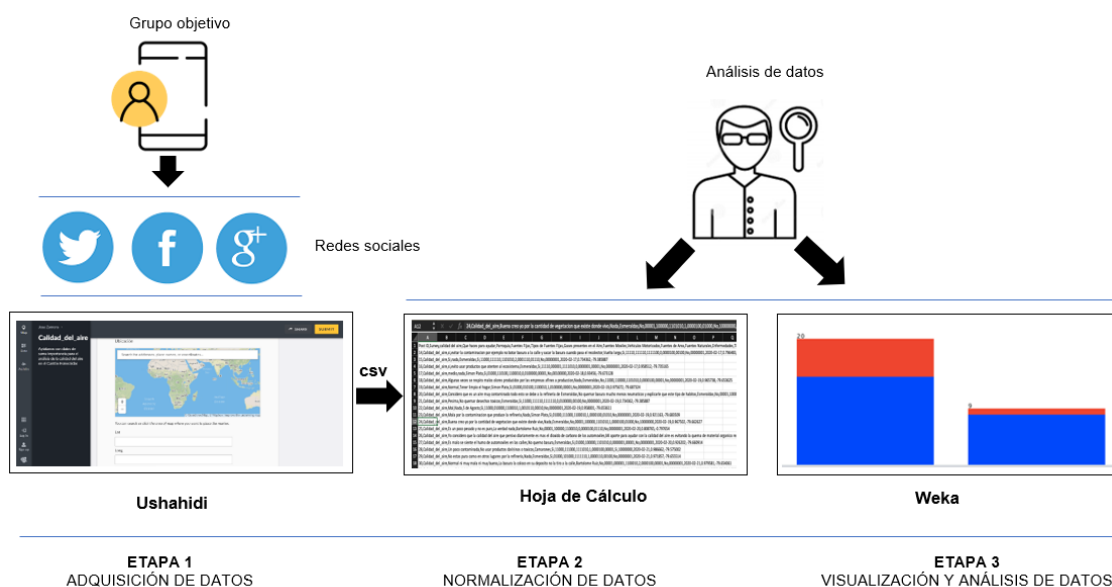


Figura 1. Proceso sistemático aplicado

La primera etapa, denominada fase de adquisición de datos, ha sido implementada mediante la herramienta Ushahidi. En términos generales en esta herramienta se ha implementado un formulario complementado con una cartografía en la que los usuarios sujetos a estudio inyectan de datos al sistema para su posterior análisis. Los datos proveídos a través del formulario accesible desde <https://josezamora.ushahidi.io/posts/create/3> fueron enviados a través de las redes sociales Facebook, Twitter y correo electrónico, y corresponden a la percepción del grupo sujeto a estudio respecto a la relación entre las fuentes de contaminación atmosféricas descritas en la sección anterior (fijas, gases ambientales, móviles, de área y naturales) con las enfermedades respiratorias que han padecido en los últimos años. Asimismo, como se ilustra en la Figura 2, el formulario permite especificar el barrio de la ciudad de Esmeraldas donde un individuo habita. Esta información es proporcionada de manera georreferenciada usando la cartografía proveída por la herramienta. Es importante señalar que los datos que fueron proporcionados estuvieron anonimizados.

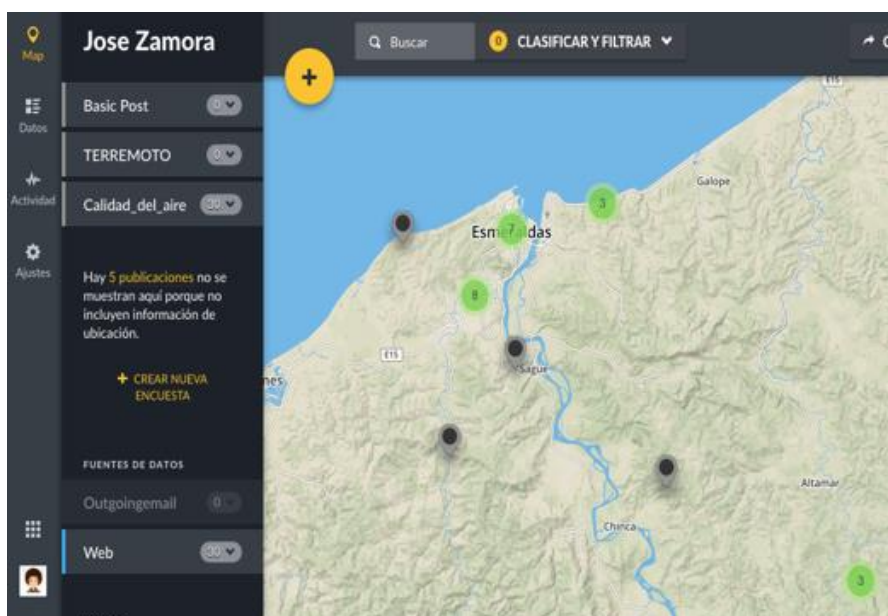


Figura 2. Interfaz gráfica de usuario de Ushahidi

La segunda etapa, denominada normalización de datos, está constituida por tareas orientadas a estandarizar los datos de manera que sean compatibles con la herramienta de análisis. En vista de que generalmente las herramientas de análisis de datos como Weka son compatibles con el formato de archivos separados por comas (CSV), Ushahidi genera un archivo de este tipo. A través de Excel se aplicó un análisis de características de los datos, de manera que se pudieron eliminar filas incompletas y filas con datos inconsistentes. Las principales características contempladas en el set de datos final figuran las siguientes: nombre barrio, tipos de fuentes de contaminación atmosférica, enfermedades padecidas.

Finalmente, al tener los datos normalizados y compatibles con uno de los formatos usado por la herramienta de minería de datos Weka, se tiene la última etapa del sistema. Esta etapa constituyó la etapa denominada visualización y análisis de datos. Una vez cargados los datos en Weka, se procedió a determinar la existencia de patrones sobre la relación entre las fuentes de contaminación atmosféricas que existen en el barrio de cada individuo sujeto a estudio en el cantón Esmeraldas con respecto a las enfermedades respiratorias que padecen o han padecido en los últimos años.

Se plantearon análisis enfocados en determinar la relación entre las fuentes de contaminación localizadas en el cantón Esmeraldas y las enfermedades que padece el grupo sujeto a estudio. Se realizaron dos análisis y consecuentemente se definieron dos patrones. Es importante resaltar que el objetivo principal de este estudio ha sido validar el sistema propuesto, por lo que análisis más profundos podrían realizar cruzando estos datos con los datos cuantitativos capturados por una plataforma de monitorización de la contaminación atmosférica. Sin embargo, al no contar con estos datos, los análisis realizados se basan en datos netamente cualitativos (percepción de los individuos sujetos a estudio en relación con las enfermedades que han padecido).

A continuación, se describen los principales patrones identificados en los datos recolectados por la plataforma:

Fuentes fijas y enfermedades respiratorias. Este patrón se origina luego de analizar la relación entre las variables fuentes fijas y enfermedades respiratorias que padece el grupo sujeto a estudio. Como se observa en la Figura 3, existe una relación directa entre estas variables. Se evidencia que el hecho de que se encuentren localizadas fuentes de contaminación atmosférica no implica la existencia de un elevado número de personas que sufran de enfermedades respiratorias. No obstante, esto no significa que no existan casos de enfermedades de este tipo. De hecho, un cuarto de la muestra aproximadamente si se ha visto afectado por este tipo de enfermedades.

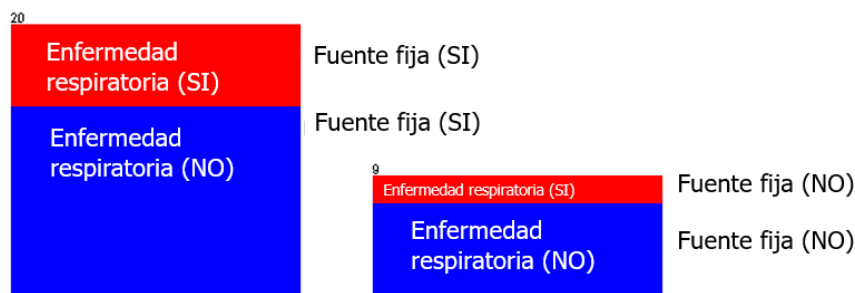


Figura 3. Relación entre fuentes fijas y enfermedades respiratorias de los individuos estudiados.

Es importante señalar que con la muestra no se puede ser tajante con esta aseveración. Se espera que una vez la plataforma haya sido validada y probada con más datos, ésta pueda llegar a aplicarse en una muestra mucho más representativa, de modo que las afirmaciones respecto a este patrón estén bien fundamentadas.

Zonas geográficas y enfermedades respiratorias. El segundo análisis tuvo la implicación de otras dos variables, esto es, zona geográfica (barrios) y enfermedades respiratorias que padecen los ciudadanos sujetos a estudio. El resultado, ilustrado en la Figura 4, evidencia que ambas variables tienen una relación marcada entre sí. Las zonas geográficas que presentaron un mayor número de personas con enfermedades respiratorias son: Vuelta Larga, Esmeraldas y Simón Plata Torres. Sin embargo, estos resultados son preliminares y serán fundados cuando se extienda la muestra, como ya se ha indicado en el caso anterior, de manera que sea más representativa a la actual. La actual investigación estuvo enfocada en determinar si la plataforma propuesta era usable desde un dispositivo móvil y si funcionaba de manera correcta en ambientes externos al laboratorio donde se desarrolló.

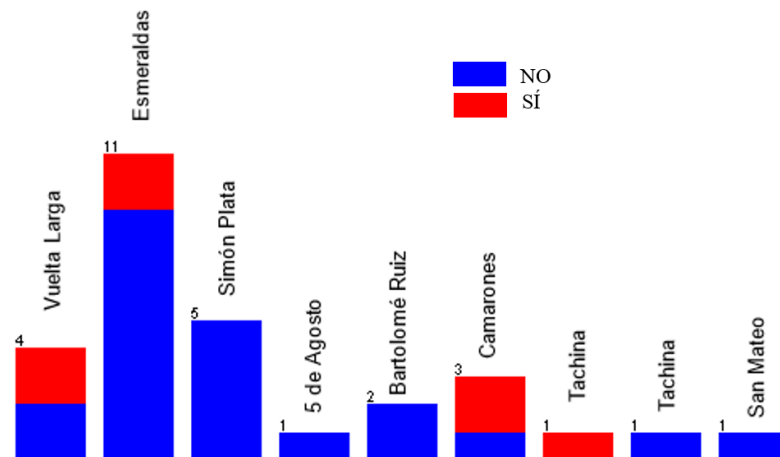


Figura 4. Relación entre zona geográfica y enfermedades respiratorias.

IV. LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES

El instrumento desarrollado para la adquisición de datos georreferenciados desde la perspectiva ciudadana constituye un elemento importante para la captura de datos cualitativos respecto a la relación entre las principales fuentes de contaminación y las enfermedades respiratorias que padece la población de una ciudad. Este estudio se limitó a probar el sistema propuesto con un grupo de 30 estudiantes de las carreras de Sistemas y Computación y Tecnologías de la Información de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Esmeraldas (PUCESE). El estudio fue el resultado de una investigación formativa. Esta muestra puede extenderse para cubrir un mayor número de ciudadanos. Sin embargo, nuestro estudio se limitó a verificar el funcionamiento de la plataforma y a la normalización de los datos para aplicar los algoritmos de minería de datos en Weka. El proceso de captura de datos; así como el procesamiento y análisis de datos en

Weka se realizaron con éxito por lo que puede extenderse el instrumento no solo a una muestra más grande; sino también a otros dominios y problemas.

El presente estudio puede servir como base para que en el futuro nuevos investigadores tomen la posta para extender el sistema de modo que capture más datos relacionados con la contaminación del aire; así como la percepción de los habitantes de ciudades inteligentes respecto a la calidad de otros recursos como el agua, ruido y suelo. Asimismo, este trabajo puede servir de base para recolectar otros tipos de datos en relación con servicios de las ciudades (i.e., transporte, seguridad, contaminación visual) y estados de la infraestructura física (i.e., vías, puentes, edificios, monumentos) en ciudades inteligentes.

Finalmente, se plantea como recomendaciones para mejorar el sistema propuesto los siguientes aspectos: (i) ampliar el cuestionario implementado en Ushahidi para contemplar información adicional como la movilidad de las personas, tipo de viviendas en las que habitan, entre otros; (ii) mejorar el cuestionario de modo que se evite que el usuario deba rellenar información compleja que no esté a su alcance, este es el caso de identificar ciertos gases por su olor, posiblemente se pueda identificar humo, azufre, entre otros; pero no componentes como NO₂, SO₂, entre otros; (iii) complementar la información levantada por el usuario con datos cuantitativos capturados por plataformas de monitoreo de calidad del aire que midan el nivel de NO₂, SO₂, entre otros contemplados en la normativa donde se realice el estudio; (iv) crear una versión web mejorada y también una versión en formato app, de manera que los ciudadanos puedan informar anomalías que se susciten en sus barrios en relación a las fuentes de contaminación (i.e., emisión de cenizas, fuertes olores, entre otros) tanto online como offline; en muchas ocasiones, en las zonas sujetas a estudio no se cuenta con Internet.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. K. Li, J. hui Luo, and N. S. Soderstrom, "Air pollution and analyst information production," *J. Corp. Financ.*, vol. 60, no. November 2019, p. 101536, 2020, doi: 10.1016/j.jcorpfin.2019.101536.
- [2] W. Wang and H. Luo, "Design and construction of environmental monitoring data public system based on WebGIS platform," in *2010 18th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2010*, 2010, no. 2006, doi: 10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567768.
- [3] M. Gümrükçüoğlu, "Urban air pollution monitoring by using geographic information systems: A case study from Sakarya, Turkey," *Carpathian J. Earth Environ. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 73–84, 2011.
- [4] D. L. Moscoso-Vanegas, A. L. Astudillo-Alemán, and V. E. Vázquez-Freire, "Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador," *Iteckne*, vol. 12, no. 2, pp. 188–197, 2015, doi: 10.15332/iteckne.v12i2.1245.
- [5] J. Ma *et al.*, "Identification of high impact factors of air quality on a national scale using big data and machine learning techniques," *J. Clean. Prod.*, vol. 244, p. 118955, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118955.
- [6] T. Goswami and H. Sarma, *Intelligent computing for air pollution monitoring using gis, remote sensing and machine learning*, vol. 569. Springer Singapore, 2020.
- [7] C. F. B. W. Wang, Y. Tian, X. Gong, and X. Que, *Data and Knowledge: An Interdisciplinary Approach for Air*. Springer International Publishing, 2019.
- [8] L. A. Londoño-Ciro and J. E. Cañón-Barriga, "Imputation of spatial air quality data using gis-spline and the index of agreement in sparse urban monitoring networks," *Rev. Fac. Ing.*, vol. 2015, no. 76, pp. 73–81, 2015, doi: 10.17533/udea.redin.n76a09.
- [9] N. Ya'Acob, A. M. Azize, N. M. Adnan, A. L. Yusof, and S. S. Sarmin, "Haze monitoring based on air pollution index (API) and geographic information system (GIS)," *Proc. - 2016 IEEE Conf. Syst. Process Control. ICSPC 2016*, no. December, pp. 7–11, 2017, doi: 10.1109/SPC.2016.7920694.
- [10] M. Ma, L. Sun, and R. Zhu, "The application of principal component regression models in air quality analysis based on SuperMap GIS," *Int. Conf. Manag. Serv. Sci. MASS 2011*, pp. 51–54, 2011, doi: 10.1109/ICMSS.2011.5998623.
- [11] Y. R. Zeng, Y. S. Chang, and Y. H. Fang, "Data visualization for air quality analysis on bigdata platform," *Proc. 2019 Int. Conf. Syst. Sci. Eng. ICSSE 2019*, pp. 313–317, 2019, doi: 10.1109/ICSSE.2019.8823437.
- [12] R. R. Bouckaert *et al.*, "WEKA Manual for Version 3-8-1," 2016.
- [13] T. C. Smith and E. Frank, "Introducing Machine Learning Concepts with WEKA," in *Statistical Genomics*, vol. 1418, 2016, pp. 353–378.

Una app Android para visitas geolocalizadas al Real Jardín Botánico de Madrid

An Android app for geolocated visits to the Royal Botanical Garden of Madrid

Antonio Sarasa Cabezuelo

Universidad Complutense de Madrid.Dpto. Sistemas Informáticos y Computación.

Calle Profesor José García Santesmases, 9. Madrid 28040

asarasa@ucm.es

Resumen —El Jardín Botánico es un enorme parque centenario de Madrid que contiene numerosas colecciones de plantas y flores en un gran terreno situado en el centro histórico de la ciudad. El jardín está dividido en diferentes parcelas que agrupan ejemplares de una misma especie. La extensión del jardín es lo suficientemente grande como para que un visitante requiera algún medio para guiarlo a través de la visita. Para ello existen planos en papel que muestran la información necesaria para la visita. Sin embargo, a menudo sucede que a veces es difícil encontrar la parcela que contiene las plantas o flores deseadas utilizando el plano de papel. Para solucionar este problema se ha desarrollado una aplicación móvil que implementa un sistema para guiar a los visitantes del jardín a las diferentes parcelas mediante un mapa digitalizado donde se utiliza la geolocalización del móvil para guiar al visitante al lugar deseado. También ofrece otras funcionalidades como información sobre las plantas y flores de cada parcela, o la posibilidad de compartir y guardar caminos favoritos en el jardín. Este artículo describe la aplicación móvil desarrollada.

Palabras clave; *Mobile app; Geolocalización; API Rest; Jardín Botánico; Firebase*

Abstract —The Botanical Garden is a huge centennial park in Madrid that contains numerous collections of plants and flowers in a large area of land located in the historic center of the city. The garden is divided into different plots that group together specimens of the same species. The extension of the garden is large enough for a visitor to require some means to guide him through the visit. For this there are paper plans that show the necessary information for the visit. However, it often happens that it is sometimes difficult to find the plot containing the desired plants or flowers using the paper plan. To solve this problem, a mobile application has been developed that implements a system to guide visitors to the garden to the different plots by means of a digitized map where the geolocation of the mobile is used to guide the visitor to the desired place. It also offers other functionalities such as information on the plants and flowers of each plot, or the possibility of sharing and saving favorite paths in the garden. This article describes the mobile application developed.

Keywords; *Mobile app; Geolocation; API Rest; Botanical Garden; Firebase*

I. INTRODUCCIÓN

El Jardín Botánico de Madrid es un parque centenario de la ciudad de Madrid [1] que contiene numerosas especies de plantas, árboles y flores agrupadas en parcelas en una gran extensión situada en el centro de la ciudad. Las dimensiones del parque y su organización hacen necesario que los visitantes necesiten algún medio que les oriente para realizar la visita. Para ello se dispone de un mapa en papel del Jardín donde se describen las parcelas y donde se recoge alguna información sobre las plantas que hay en cada una de ellas. Los mapas presentan como desventaja la necesidad de tener una buena orientación espacial, y la capacidad de interpretar correctamente la información reflejada en el mapa. Además, los mapas en papel presentan otro problema de sostenibilidad, en el sentido del gasto en papel, que en la mayoría de los casos no se reutiliza. Normalmente, cada visitante coge un mapa nuevo, y cuando acaba la visita lo tira. Por lo tanto, este sistema es insostenible económicamente y desde el punto de vista ecológico y ambiental.

Sin embargo, el contexto actual de digitalización de la información [2] ofrece la posibilidad de mejorar esta situación para ofrecer una herramienta digital que cubra las mismas necesidades de una forma más

eficiente, intuitiva y sostenible [3]. En este sentido, el proceso de digitalización se ha extendido en los últimos años a todos los ámbitos de la sociedad [4], y en particular al turismo [5]. Este ámbito ofrece un contexto muy favorable para el desarrollo y uso de herramientas destinadas a facilitar las visitas turísticas. En general, un visitante requiere acceder a información más esencial [6] sobre los lugares que visita de una manera rápida, sencilla e intuitiva. En este sentido, en los últimos años han surgido una gran cantidad de aplicaciones orientadas a dispositivos móviles con este fin. Las razones que han favorecido este fenómeno se deben fundamentalmente a las ventajas [7] que ofrecen estos dispositivos en cuanto a facilidad de uso y acceso a Internet en cualquier lugar [8] y en cualquier momento de forma muy intuitiva [9], así como como su amplio uso para un gran número de actividades de la vida diaria. Así, en este contexto se pueden encontrar aplicaciones que ofrecen servicios de valor añadido [10] a los visitantes utilizando toda la información y posibilidades funcionales que ofrecen los teléfonos móviles [11]. Por ejemplo, se han desarrollado aplicaciones que son capaces de ofrecer información sobre los objetos que se están visitando mediante el uso de sensores que se comunican con el móvil [12], aplicaciones que permiten la interacción mediante realidad virtual [13] o realidad aumentada [14- 16], o aplicaciones que utilizan la geolocalización que ofrece el móvil para ofrecer servicios de valor añadido [17] al visitante como información sobre los museos o monumentos más cercanos [18], restaurantes [19], medios de transporte para llegar a los lugares de interés o información útil [20] relacionada con el lugar donde se encuentra el usuario. En el ámbito particular de los jardines o parques botánicos [21-23], existen algunas aplicaciones como ArbolAPP [24] (un sistema de identificación de árboles silvestres y asilvestrados en la Península Ibérica y Baleares mediante una búsqueda guiada (se organiza en una serie de alternativas en las que se debe elegir la que se corresponda o es más parecida a las características del árbol que se quiere identificar. Después de elegir una opción se enviará al usuario a otra alternativa, y así sucesivamente hasta llegar a un género o una especie) o abierta (permite describir las características más llamativas del árbol observado hasta llegar a la especie o árbol buscado). La aplicación PlantNet [25] es un sistema de identificación de plantas a través de imágenes que se comparan con imágenes existentes de una base de datos botánica. La aplicación móvil “RJB Museo vivo” [26] que implementa un sistema que muestra cada detalle del museo vivo que alberga el Jardín Botánico de Madrid. Por último, se tiene iKnow Trees 2 que dispone de una aplicación móvil LITE [27-28], que implementa un sistema de visualización de información e imágenes de más de 200 especies de árboles de Europa y Norteamérica con la que identificar especies.

Un área que se ha visto fuertemente afectada por la pandemia del Covid19 ha sido el sector turístico [29]. Como consecuencia de ello, se cancelaron todas las actividades turísticas y cesó la actividad presencial. Sin embargo, esta situación ha servido para promover otras formas diferentes de visitar monumentos, museos, ciudades y otros lugares de interés cultural, basadas en el uso de la tecnología. Así, la mayoría de las propuestas que se han desarrollado se basan en aplicaciones orientadas a dispositivos móviles [30]. En este sentido, se puede realizar una caracterización de los tipos de aplicaciones que se han desarrollado. Un primer tipo de aplicaciones digitalizan los fondos culturales disponibles y ofrecen al usuario un sistema de navegación amigable e intuitivo que le permite realizar una visita virtual [31]. Las funciones que ofrecen son poco sofisticadas y se basan fundamentalmente en la posibilidad de buscar recursos, visualizarlos, acceder a información sobre ellos, generar una lista de favoritos y en muchos casos compartir el recurso enviándolo a las redes sociales a las que pertenecen los visitantes. Otro tipo de aplicaciones más sofisticadas [32] se centran en ofrecer acceso a información lo más cercana posible a la realidad, utilizando técnicas de realidad aumentada o realidad virtual para que el visitante pueda interactuar de una forma más real con el lugar visitado ofreciendo así una mejor experiencia de usuario. Otras propuestas [33] se orientan directamente a la creación de una versión virtual del lugar que se visita, de manera que la visita se pueda realizar como si realmente se realizara en persona. Este último tipo de aplicaciones se han popularizado últimamente impulsadas por el fenómeno llamado metaverso [34].

En este artículo se describe una aplicación orientada a dispositivos móviles que permite visitar el Jardín Botánico a través de un mapa digitalizado que utiliza la geolocalización para guiar al visitante dentro del jardín a los diferentes lugares que desea visitar. Asimismo, la aplicación ofrece al visitante información digitalizada sobre las plantas, flores y árboles que se encuentran en cada una de las parcelas del jardín, y también ofrece un conjunto de servicios al usuario registrado. En particular, la aplicación permite la creación de itinerarios particulares dentro del jardín que pueden ser compartidos con el resto de visitantes, y la posibilidad de mantener una lista de itinerarios favoritos realizados por el usuario u obtenidos de otros usuarios. En relación con este último aspecto, los usuarios pueden añadir comentarios a cualquier itinerario publicado y compartirlo con otros usuarios para que sirva de referencia a otros usuarios que vayan a realizar dicho itinerario.

El artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan los materiales y métodos. A continuación, en el apartado 3, se describen los resultados obtenidos. En el apartado 4 se comenta una prueba de usabilidad realizada para la aplicación. Finalmente, la sección 5 establece las conclusiones y un conjunto de líneas de trabajo futuro.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El principal objetivo de esta aplicación es ofrecer un sistema que facilite a los visitantes el recorrido por el Jardín Botánico de forma intuitiva y sencilla, y que además ofrezca la posibilidad de consultar información sobre las plantas, flores y árboles que contiene. Este objetivo se concreta en los siguientes objetivos más específicos:

- Proporcionar a los visitantes la capacidad de gestionar (crear, publicar y consultar) itinerarios definidos en el jardín botánico.
- Permitir que un visitante agregue comentarios a los itinerarios publicados por otros usuarios.
- Proporcionar a un visitante acceso a información sobre las plantas y árboles en el jardín durante la visita.
- Permitir la visualización de la ubicación de cada elemento del jardín a través de un mapa interactivo, brindando instrucciones sobre cómo llegar al mismo.
- Permitir la gestión de la información de los usuarios de la aplicación así como la información generada por los mismos.
- Facilitar la creación y exportación de análisis sobre los datos de uso y la actividad generada en la aplicación.
- Implementar y publicar una API REST desde la que poder acceder a los diferentes servicios que ofrece la aplicación.

Para ello, se ha desarrollado una aplicación móvil que permite al visitante realizar un recorrido por el jardín mediante un mapa digitalizado sobre el que se utiliza la geolocalización para guiar al visitante hasta el lugar deseado. Asimismo, la aplicación ofrece otros servicios como la posibilidad de publicar y compartir itinerarios con otros visitantes, la publicación de comentarios sobre los recorridos realizados en el jardín, así como el acceso a información sobre las plantas y árboles visitados.

Dado que el objetivo de la aplicación era cubrir una necesidad que tiene el jardín de ofrecer información sobre las plantas y flores que posee así como su patrimonio histórico-cultural. Esta información se mantiene en formatos analógicos como mapas, guías de visitantes, libros y otros recursos. Sin embargo, este formato no es muy útil para los visitantes del parque, y no les permite aprovechar todo el potencial que ofrece el jardín. Para solucionarlo, se pensó en crear una aplicación móvil que digitalizara toda la información del jardín y que a partir de ella creara un conjunto de servicios de valor añadido interesantes y útiles para los visitantes del jardín. Con este objetivo se procedió de la siguiente manera:

- En primer lugar, se realizaron reuniones con los responsables del jardín para conocer cuáles eran sus necesidades específicas. De estas reuniones se obtuvo una lista de requisitos.
- Se analizaron los requerimientos y se decidió qué tipo de aplicación o sistema era el más eficiente para cubrir estas necesidades. En este sentido, se pensó que una aplicación móvil sería la forma más óptima. Los teléfonos móviles se han convertido en el dispositivo más utilizado en la vida diaria, su uso es intuitivo, permiten un fácil acceso a la información, es posible utilizar sensores como la geolocalización para crear servicios de valor añadido, se pueden consultar en cualquier momento, y las aplicaciones son fácilmente actualizables.
- El siguiente paso fue decidir qué tecnología utilizar. En este sentido, se decidió utilizar Android por ser el sistema más extendido, dejando como trabajo futuro implementar una versión para Iphone.
- A continuación, se realizó una recopilación de información sobre el parque y sus recursos con el fin de digitalizarla para luego poder explotarla. Debido a la heterogeneidad de la información, se decidió utilizar una base de datos documental NoSQL tipo MongoDB que ofrece flexibilidad para almacenar diferentes tipos de datos y formatos con esquemas de información flexibles.
- Otro paso fue el diseño arquitectónico de la aplicación. En este sentido, se pensó en crear una arquitectura basada en servicios web de tipo REST con el objetivo de crear en base a ellos un conjunto de servicios de valor añadido que puedan ser fácilmente mantenibles y reutilizables. De esta forma, la información almacenada puede ser explotada para darle una utilidad orientada al visitante.
- Otro aspecto a tener en cuenta en el diseño y ejecución de la aplicación fue el uso de la geolocalización para ofrecer un valor añadido a la funcionalidad implementada. Uno de los elementos que más valoran los visitantes de un museo o monumento es tener información para poder visitarlo y no perder detalles del mismo. En este sentido, se pensó que la geolocalización podría servir para ofrecer información útil al visitante tanto sobre dónde se encuentra, ofrecer información sobre los elementos que le rodean, así como poder orientarle hacia los lugares que le interesen. dentro del jardín.

En cuanto a la implementación de la aplicación, se ha utilizado una arquitectura cliente-servidor configurada de la siguiente manera. El navegador ejecuta la parte cliente de la aplicación que consiste en el

código HTML y TypeScript obtenido de la compilación de los componentes Angular que componen la aplicación. En cuanto al servidor, se ha implementado una Rest API [35] para exponer los servicios, de manera que el cliente realiza solicitudes a través de HTTP a los servicios expuestos por la API, se procesan las solicitudes y se recuperan los datos necesarios de la base de datos. , y finalmente se devuelve el resultado al cliente. De esta forma, se dispone de una capa de abstracción de acceso a servicios que facilita el intercambio de información con múltiples plataformas, y el mantenimiento y extensibilidad de la aplicación. La figura 1 muestra el esquema de arquitectura.

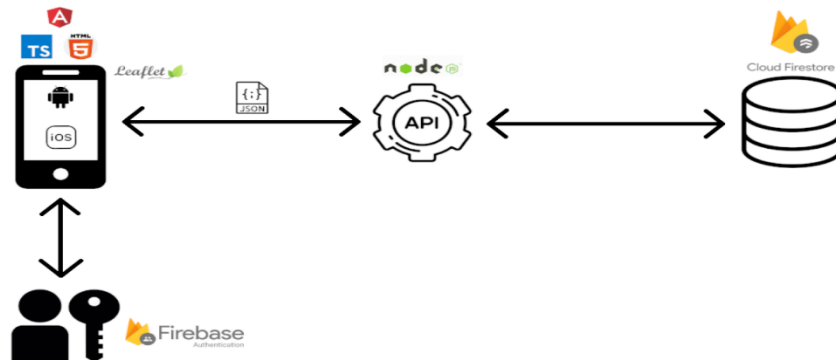


Figura 1. Arquitectura de la aplicación

En cuanto a las tecnologías utilizadas. El cliente se ha implementado utilizando Ionic a través de Angular y HTML, y se ha utilizado Leaflet [36] para visualizar el mapa digital del jardín. Por otro lado, el servicio de autenticación de usuarios se realiza mediante Firebase Autentication, que se llama directamente desde el cliente. Como se mencionó, el cliente se comunica con la base de datos a través de solicitudes HTTP a una API REST implementada con NodeJS. Este servicio se encarga de gestionar las solicitudes, solicitando los datos de la base de datos y devolviéndolos al cliente. La API tiene varios endpoints en función del servicio solicitado por la aplicación móvil que proporcionará la información requerida. Se puede acceder a estos endpoints a través del método HTTP POST. Finalmente, con respecto a la base de datos, la persistencia de la información se realiza a través de Firestore, una base de datos de tipo documental no relacional. La colección principal es usuarios que almacena los datos referentes a los usuarios de la aplicación. Esta colección tiene tres subcolecciones que almacenan información sobre la actividad del usuario en ella: rutas creadas, rutas favoritas e históricas. La colección rutas creadas almacena los itinerarios creados por el usuario y contiene una subcolección llamada opiniones que contiene las opiniones de los usuarios sobre las rutas. La subcolección de rutas favoritas almacena los itinerarios favoritos del usuario y la subcolección histórica almacena los itinerarios del usuario.

III. RESULTADOS

A continuación, se explicarán las principales funcionalidades de la aplicación desarrollada. Hay tres tipos de usuarios en la aplicación:

- Usuario no registrado. No tienen cuenta en la aplicación y solo pueden consultar la información pública que ofrece la aplicación.
- Usuarios Registrados. Tienen una cuenta en la aplicación, y pueden consultar información, así como agregar y/o modificar la suya.
- Administrador. Es el usuario que realiza el mantenimiento de la aplicación.

Cuando un usuario no autenticado accede a la aplicación, encontrará un menú principal (ver Figura 2.a) que ofrece tres opciones en forma de botones: Ver mapa, Ver itinerarios e Información sobre plantas, y un botón en la parte superior izquierda que muestra el menú lateral. Si se hace clic en el botón "Ver mapa", entonces se mostrará un mapa del jardín donde aparece la ubicación del usuario (siempre que el usuario esté dentro del jardín). Si se pulsa en un gráfico del mapa, se muestran los nombres científicos de las plantas que contiene (ver figura 2.b), y si se pulsa en el botón "Ver itinerarios", se muestra una pantalla donde se enumeran los itinerarios disponibles (Figura 2.c). Asimismo, en la parte superior de la pantalla hay un buscador en el que, introduciendo texto, se filtran los resultados en función de la coincidencia con el nombre del itinerario. Por otro lado, si se pulsa sobre alguno de los itinerarios de la lista, se puede acceder a una vista detallada (Figura 2.d) del mismo donde se puede consultar el camino a recorrer, ver las opiniones de los usuarios registrado en la aplicación e iniciar el camino haciendo clic en el botón "Iniciar itinerario". En este caso se obtendrá la ubicación del usuario y si se encuentra dentro del jardín (de lo contrario se avisará que el usuario no está dentro del jardín y no mostrará nada), entonces mostrará un marcador en el mapa indicando la ubicación. Al pulsar en el cuadrado blanco ubicado en la esquina superior derecha de la vista

del mapa, se mostrarán las instrucciones para el itinerario junto con información sobre la distancia y el tiempo para completarlo.

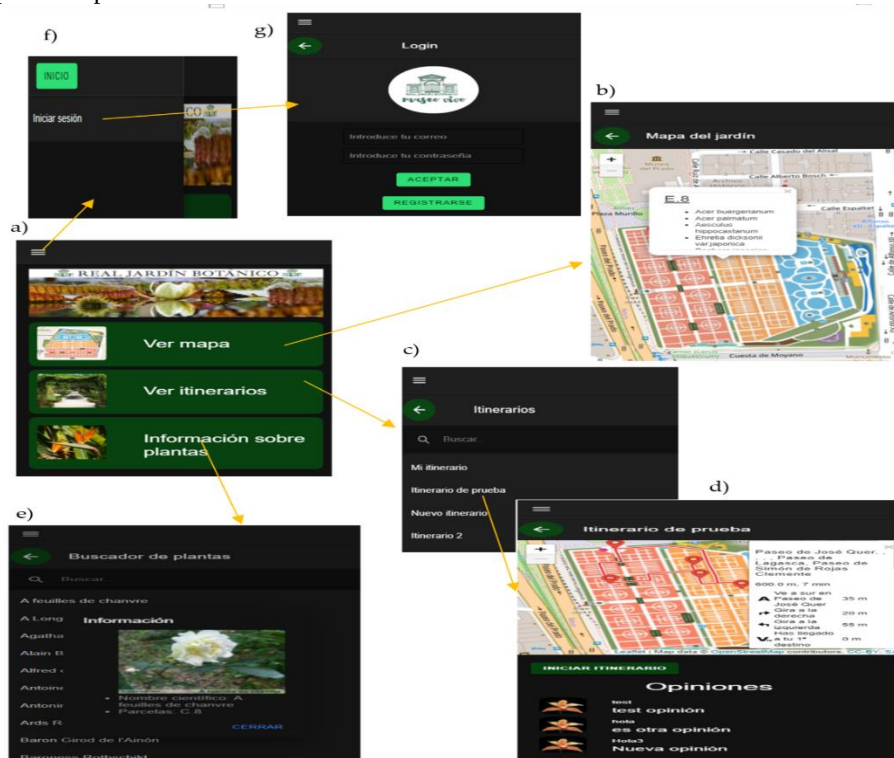


Figura 2. a) Menú principal; b) Plano del jardín y flores de una parcela; c) Lista de itinerarios; d) Itinerario en mapa e instrucciones para realizarlo; e) Buscador de plantas y flores, e información sobre una planta o flor; f) Menú de inicio de sesión; g) Interfaz de inicio de sesión y registro.

Si se pulsa en el botón "Información sobre plantas", se desplegará una lista de las plantas del jardín (Figura 2.e). En la parte superior de la lista hay un buscador en el que, al introducir texto, se filtran los resultados mostrando aquellos elementos cuyo nombre coincide con el texto introducido. Al pulsar en uno de los elementos de la lista de plantas, se mostrará una ventana con información detallada sobre esta planta. Finalmente, si se pulsa en el botón ubicado en la parte superior izquierda de la aplicación, se despliega un menú lateral. Si el usuario no está autenticado, se accede al menú de inicio de sesión (Figura 2.f), que contiene un botón "Iniciar sesión" que permite acceder a la pantalla de inicio de sesión (Figura 2.g) (en esta pantalla el usuario debe ingresar sus credenciales de correo electrónico y contraseña, e iniciar sesión siendo redirigido al menú principal), y un botón "Registrarse" que permite acceder al menú de registro de usuarios donde el usuario no autenticado ingresa los valores requeridos para registrarse en la aplicación (nombre de usuario no repetido y con una longitud de entre 5 y 12 caracteres, correo electrónico no registrado en la aplicación y contraseña de al menos 6 caracteres), se da de alta en la aplicación, se autentica en la misma y se redirige al menú principal.

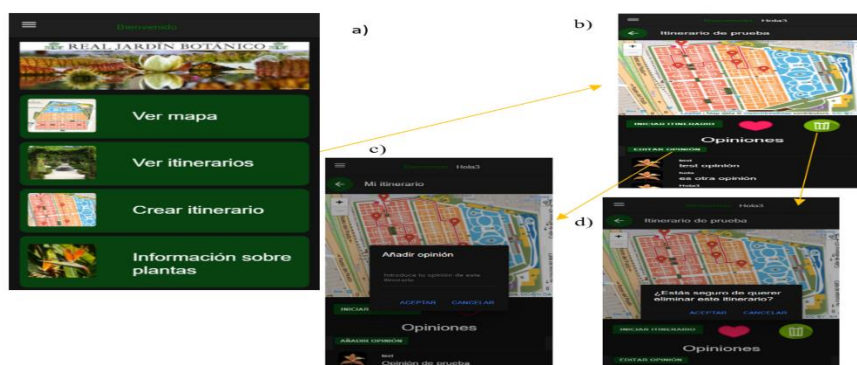


Figura 3. a) Menú principal; b) Itinerario detallado; c) Agregar/Editar la opinión del usuario; d) Eliminar itinerario

Cuando un usuario registrado accede a la aplicación, en el menú principal está disponible un botón adicional "Crear itinerario" (Figura 3.a) y nuevas funciones en la vista detallada de los itinerarios. En concreto, en la

vista de itinerario hay un botón para añadir un itinerario a favoritos (Figura 3.b), un botón para añadir/editar la opinión del usuario (Figura 3.c) sobre el itinerario y, si el usuario autenticado es el mismo que el que creó el itinerario, un botón para quitarlo (Figura 3.d).

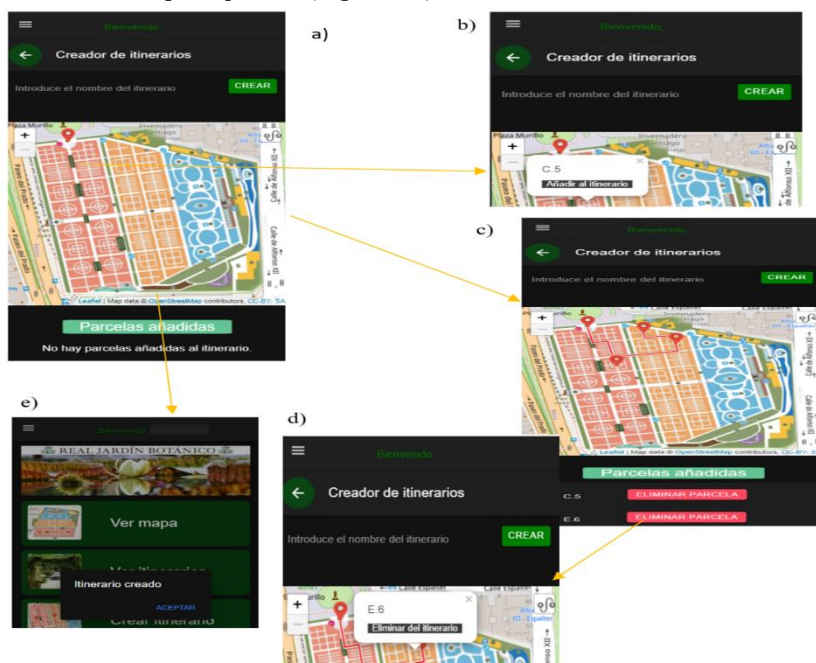


Figura 4. a) Crear interfaz de itinerario; b) Agregar parcela al itinerario; c) Itinerario creado; d) Eliminar parcela del itinerario; e) Mensaje de confirmación

Si se hace clic en el botón “Crear itinerario” (Figura 4.a) en el menú principal, se muestra la vista de creación de itinerario. En esta vista, al pulsar en cualquier parcela, se muestra un menú con un botón para añadir la parcela al itinerario que se está creando (Figura 4.b). A medida que se añaden parcelas al itinerario, se muestra en el mapa el camino a seguir (Figura 4.c), mientras que en la parte inferior de la pantalla se muestra una lista de las parcelas incluidas. Al pulsar en cualquiera de las parcelas agregadas, se muestra un menú donde se muestra el nombre de la parcela, y un botón para eliminar la parcela del itinerario (Figura 4.d) que se está creando (también es posible pulsar directamente en el botón "Eliminar parcela" ubicado en la lista inferior). La ruta a seguir se recalcula automáticamente a medida que se agregan y/o eliminan parcelas. Una vez que se han agregado al menos 2 parcelas al itinerario y se ha elegido un nombre de entre 1 y 20 caracteres, entonces es posible pulsar en el botón "Crear" ubicado en la parte superior derecha, y se creará el itinerario, redirigiendo al usuario al menú principal donde se mostrará un mensaje de confirmación (Figura 4.e) una vez agregado el itinerario al sistema.

Cuando un usuario se autentica, aparecen nuevas opciones en el menú lateral: "Tu perfil" y "Cerrar sesión". Al pulsar en este último, el usuario deja de estar autenticado en la aplicación y es redirigido al menú principal. Si se pulsa en el botón "Tu perfil" (Figura 5.a), el sistema muestra varias opciones para modificar y/o visualizar los datos de la aplicación. Si se pulsa en el botón "Cambiar nombre de usuario" (Figura 5.b), entonces es posible modificar el nombre del usuario autenticado; si se pulsa en el botón "Cambiar contraseña" (Figura 5.c) entonces es posible modificar la contraseña del usuario autenticado; si se pulsa sobre el botón "Ver historial" (Figura 5.d) se accede al historial del usuario donde se muestran aquellos itinerarios que ha realizado el usuario; si se pulsa en el botón “Ver favoritos” (Figura 5.e), se accede a la lista de itinerarios marcados como favoritos por el usuario; y si se pulsa en el botón “Ver itinerarios creados” (Figura 5.f), se muestra la lista de itinerarios creados junto con una barra de búsqueda para filtrar los resultados de la lista. Si se pulsa en alguno de los itinerarios enumerados en las opciones anteriores, se muestra la vista detallada del itinerario. Finalmente, el botón “Eliminar cuenta” (Figura 5.g) permite eliminar la cuenta del sistema junto con todos los datos del usuario (credenciales, nombre de usuario, opiniones e itinerarios creados, que serán eliminados de la lista de favoritos y /o historial de otros usuarios en caso de haberlos agregado)

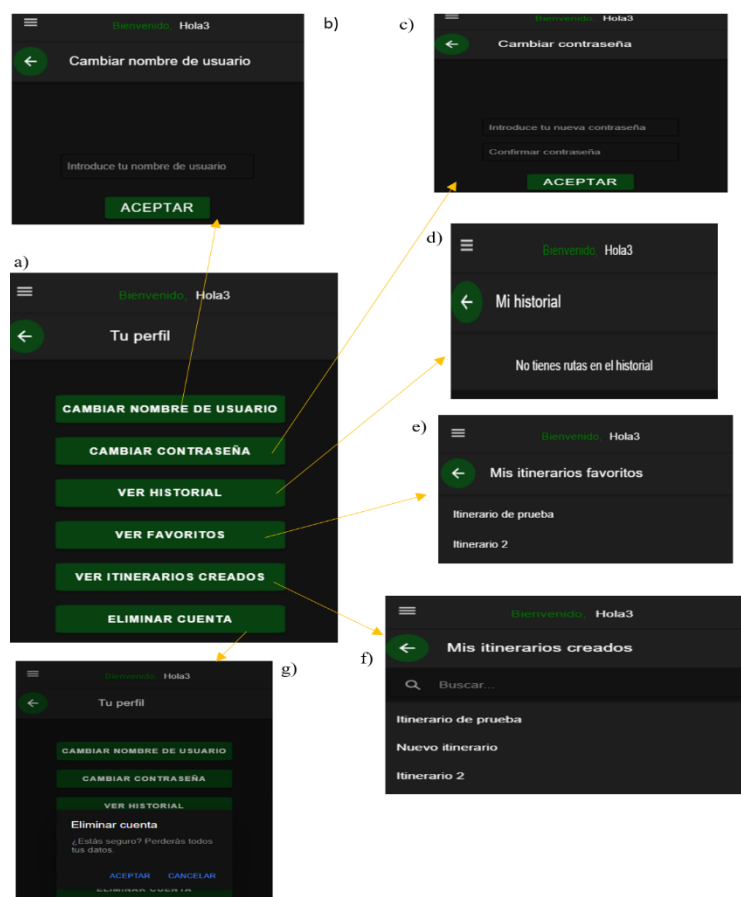


Figura 5. a) Menú “Tu perfil”; b) Botón “Cambiar nombre de usuario”; c) Botón “Cambiar contraseña”; d) Botón “Ver historial”; e) Botón “Ver favoritos”; f) Botón “Ver itinerarios creados”; g) Botón “Eliminar cuenta”

IV. TEST DE EVALUACIÓN

La aplicación ha sido probada con un grupo de 20 personas formado por 12 hombres y 8 mujeres de entre 22 y 47 años. Para ello, a cada uno de los encuestados se le ha pedido realizar un conjunto de tareas a sobre la aplicación desarrollada. Posteriormente, cada participante debía responder a un formulario creado mediante Google Forms. Las preguntas se han agrupado de la siguiente manera:

■ *Datos generales del encuestado*

Se han obtenido datos sobre los encuestados. Así, el 70% de los encuestados tiene entre 22 y 33 años, mientras que el 30% restante tiene entre 34 y 47 años. Por otro lado, el 60% de los encuestados son hombres, mientras que el 40% son mujeres. Finalmente, en cuanto a la frecuencia con la que visitan el jardín botánico, el 60% de los participantes nunca lo ha visitado mientras que el 40% restante lo ha visitado alguna vez.

■ *Vista de mapa*

Se han hecho dos preguntas al respecto. Por un lado, se preguntó sobre el nivel de satisfacción con la vista del mapa del jardín. En este caso, el 75% la ha valorado con una nota entre 9 y 10, mientras que el 25% restante la ha valorado con un 8. Por otro lado, se preguntó sobre la satisfacción con la información ofrecida en las parcelas. El 55% de los encuestados ha dado una nota entre 6 y 7, mientras que el 45% asigna una nota entre 8 y 9.

■ *Información sobre los itinerarios*

En este aspecto se ha preguntado sobre la evaluación de la vista de lista de itinerarios. El 85% de los participantes le dieron una puntuación entre 8 y 9, mientras que el 15% restante le dio un 7. Asimismo, preguntaron sobre la satisfacción con el buscador de itinerarios. En este caso, el 65% de los encuestados le otorgan una nota entre 9 y 10, mientras que el 35% restante la califica con una nota entre 7 y 8. Finalmente, preguntan sobre la satisfacción con la vista detallada de los itinerarios, El 75% de los encuestados la ha valorado con una nota entre el 8 y el 10 por ciento, y el 25% restante con un 6.

■ *Información sobre las plantas*

En primer lugar, se han realizado preguntas sobre la valoración del listado de plantas, donde el 30% de los encuestados le otorga una puntuación entre 9 y 10, mientras que el 70% le otorga una puntuación entre

6 y 8. Asimismo, se ha preguntado sobre la satisfacción en el buscador de plantas. En este caso, el 75% de los encuestados la ha valorado con una nota entre 9 y 10, mientras que el 25% restante la ha valorado con una nota entre 7 y 8. Por último, se han realizado preguntas sobre la información que ofrecen sobre las plantas, que ha recibido una nota entre 7 y 9 por el 75% de los encuestados, y entre 5 y 6 por el 25% restante.

▪ *Menú lateral, inicio de sesión y registro.*

Respecto a esta funcionalidad, se preguntó sobre la satisfacción con el menú lateral, donde el 60% de los encuestados la calificaron con una calificación entre 9 y 10, mientras que el 40% la calificaron con una calificación entre 7 y 8. Así mismo, se le ha preguntado sobre satisfacción con la pantalla de inicio de sesión. En este caso, el 80% lo ha valorado con una nota entre 9 y 10, mientras que el 20% restante lo ha valorado con una nota entre 7 y 8. Finalmente, se preguntó sobre la satisfacción con el menú de registro de los usuarios, donde el 80% de los encuestados ha calificado con una nota entre 9 y 10, y el 20% con una nota entre 7 y 8.

▪ *Crear itinerario*

Respecto a la satisfacción con la vista de creación de itinerarios, el 65% la valora con una nota entre 9 y 10, mientras que el 35% la valora con una nota entre 7 y 8.

▪ *Opciones en los itinerarios*

En cuanto a la satisfacción con el botón para agregar y/o quitar favoritos, el 70% de los encuestados lo califica entre 8 y 10, mientras que el 30% lo califica entre 5 y 7. Por otro lado, en cuanto a la satisfacción con el botón para modificar la opinión, iones de los itinerarios, el 70% de los encuestados le otorga una puntuación entre 8 y 10, mientras que el 30% restante le otorga una puntuación entre 6 y 7.

▪ *Opciones de perfil de usuario*

Respecto a la satisfacción con la visualización de “Tu perfil”, el 55% de los encuestados la ha valorado con una puntuación entre 6 y 7, mientras que el 45% restante la ha valorado con una puntuación entre 8 y 10. Y respecto a la valoración del menú para cambiar el nombre de usuario, el 50% de los encuestados lo ha valorado con una nota entre 6 y 7, mientras que el 50% restante lo ha valorado con una nota entre 8 y 9. Por otro lado, sobre la vista para cambiar la contraseña, el 55% de los encuestados la ha valorado con una nota entre 9 y 10, mientras que el 45% restante con una nota entre 7 y 8. También han preguntado sobre la visualización del historial de itinerarios, donde el 65% de los encuestados la ha valorado con una nota entre 6 y 8, mientras que el 35% restante la valora con una nota entre 9 y 10. Y en cuanto a la satisfacción de la lista de itinerarios favoritos del usuario, el 65% de los encuestados la valora con una nota entre 9 y 10, mientras que el 35% restante lo valora con una nota entre 6 y 8. Por último, al considerar la vista del menú para ver los itinerarios creados por el usuario, el 70% de los encuestados lo valora con una nota entre 9 y 10, mientras que el 30% restante lo valora con una nota entre 6 y 8.

▪ *Administrador*

En cuanto a la vista del menú principal del administrador, el 70% de los encuestados le da una puntuación entre 8 y 10, mientras que el 30% restante le da una puntuación entre 6 y 7. Asimismo, en cuanto a la satisfacción con la lista de usuarios, el 80% de los encuestados la califican con una nota entre 8 y 10, mientras que el 20 % restante la califican con una nota entre 6 y 7. Finalmente, en cuanto a la visión de las estadísticas, el 70 % de los encuestados la califican entre 6 y 7, y el 30% restante le otorga una puntuación entre 8 y 9.

▪ *Satisfacción general*

En este grupo se ha preguntado sobre el diseño general de la aplicación. El 55% de los encuestados le otorga una puntuación entre 9 y 10, mientras que el 45% le otorga un 8. También se preguntó por la fluidez de la aplicación. En este caso, el 55% de los encuestados le otorga una puntuación entre 8 y 10, mientras que el otro 45% le otorga una puntuación entre 6 y 7.

V. CONCLUSIONES

La aplicación presenta varios aspectos de originalidad que no se pueden encontrar en otras aplicaciones similares. En primer lugar, desde el punto de vista del dominio al que va dirigida la aplicación, ésta es única ya que no existe otra aplicación móvil para facilitar las visitas al Real Jardín Botánico de Madrid [37]. Todos los recursos que se utilizan actualmente en el jardín están en formato analógico: mapas, libros, guías de plantas... Y desde el punto de vista informático, el uso de la geolocalización no es algo nuevo dado que existen múltiples aplicaciones para turistas y no turistas que utilizan geolocalización para localizar recursos cercanos al usuario como restaurantes, calles, o edificios. Sin embargo, si se fija el ámbito turístico al que se dirige: recorrido por un jardín con recursos naturales y patrimoniales, la aplicación es original ya que no existen aplicaciones similares que se organicen de la forma en que se ha propuesto [38]. En este sentido, una originalidad de la aplicación es la arquitectura de cómo se organiza en un repositorio que contiene toda la digitalización de la información relacionada con el jardín, y sobre la que se crea un catálogo de servicios web tipo REST que son capaces de explotar esta información para implementar servicios útiles de valor añadido para el visitante. Cabe destacar aquellos que utilizan la información obtenida de la geolocalización del móvil

con el objetivo de ofrecer un servicio más personalizado y que facilite los desplazamientos del visitante dentro del jardín y el acceso amigable e intuitivo a los recursos disponibles en el mismo. Es cierto que esta arquitectura no es original, sino cómo se usa y en qué campo se usa, sin embargo, no existen aplicaciones similares para este campo específico [39].

Este artículo ha descrito una aplicación móvil que facilita a los visitantes recorrer el Jardín Botánico de Madrid. Para ello se utiliza un mapa digitalizado donde se utiliza el servicio de geolocalización que ofrecen los teléfonos móviles para guiar al visitante por las diferentes parcelas que componen el jardín. Además, la aplicación implementa un conjunto de servicios de valor añadido para los usuarios como el acceso a la información sobre las plantas, árboles y flores que hay en cada parcela, la creación de itinerarios dentro del jardín, el almacenamiento en una lista de favoritos, la compartición de estos itinerarios con otros usuarios o la valoración de los itinerarios añadiendo comentarios a los mismos.

La aplicación tiene las siguientes ventajas. En primer lugar, con respecto a los mapas en papel, representa un medio de acceso más sostenible, accesible, barato e intuitivo. En segundo lugar, permite ofrecer un gran número de servicios de valor añadido o información adicional al disponer de una conexión a Internet que da acceso a un gran número de fuentes de información especializada. En tercer lugar, la arquitectura utilizada basada en una API REST facilita el mantenimiento y extensibilidad de las funciones y servicios ofrecidos. En cuarto lugar, constituye un medio importante hacia la digitalización de la información del jardín, así como el acceso a la información especializada. Sin embargo, la aplicación tiene algunas limitaciones que definen un conjunto de líneas de trabajo futuro como:

- Añadir información sobre accesibilidad a las posibles vías de acceso a las parcelas ajardinadas.
- Posibilidad de elegir el idioma de la interfaz de usuario de la aplicación.
- Mostrar en el mapa interactivo algunos elementos de interés además de las plantas, como los servicios, los monumentos interiores del Jardín, la cafetería o las salas de exposiciones.
- Crear una opción de información sobre plantas, árboles y flores independiente del mapa interactivo que permita buscarlos por nombre, características o imágenes.
- Un buscador especializado para encontrar las parcelas donde se encuentran determinadas plantas, árboles o flores.
- Mejorar la ubicación de plantas, árboles y flores en el mapa digitalizado con mayor precisión utilizando su geolocalización.
- Ampliar la información sobre plantas, flores y árboles utilizando otras fuentes de información adicionales.
- Implementar una funcionalidad que utilice minería de texto para recuperar información sobre las plantas y flores del jardín y ofrecerlo como un servicio de valor añadido [40] a los visitantes así como otras posibles aplicaciones como la economía circular [41].
- Crear un servicio de valor agregado en la aplicación que ofrezca información sobre los beneficios ambientales de los diferentes tipos de plantas y su impacto ambiental[42].

VI. AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a Francisco García Navarrete y Fabricio Bryan Torres Samueza por implementar el sistema descrito en el artículo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Peset, J. L. El Jardín Botánico de Madrid y sus relaciones con Francia. *Asclepio*, 1996, 48(1), 59-70.
- [2] Okhrimenko, I., Sovik, I., Pyankova, S., & Lukyanova, A. Digital transformation of the socio-economic system: prospects for digitalization in society. *Revista Espacios*, 2019, 40(38).
- [3] Mondejar, M. E., et al. Digitalization to achieve sustainable development goals: Steps towards a Smart Green Planet. *Science of The Total Environment*, 2021, 794, 148539.
- [4] Gordon, R., Wadim, S., & Elena, K. Sustainable tourism in the digital age: Institutional and economic implications. *Terra Economicus*, 2021, 19(4), 141-159.
- [5] Rahmadian, E., Feitosa, D., & Zwitter, A. A systematic literature review on the use of big data for sustainable tourism. *Current Issues in Tourism*, 2021, 1-20.
- [6] Nikolskaya, E. Y., Lepeshkin, V. A., Blinova, E. A., Kulgachev, I. P., & Ilkevich, S. V. Improvement of digital technology in the tourism sector. *Journal of Environmental Management & Tourism*, 2019, 10(6 (38)), 1197-1201.
- [7] Kim, D., & Kim, S. The role of mobile technology in tourism: Patents, articles, news, and mobile tour app reviews. *Sustainability*, 2017, 9(11), 2082.
- [8] CHO, S. H. The effect of mobile tourism app characteristics on perceived value, satisfaction and behavioral intention. *The Journal of Industrial Distribution & Business*, 2019, 10(9), 45-52.
- [9] Nayeibi, F., Desharnais, J. M., & Abran, A. The state of the art of mobile application usability evaluation. In 2012 25th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2012, (pp. 1-4). IEEE.

- [10] Muzellec, L., & O'Raghallaigh, E. Mobile technology and its impact on the consumer decision-making journey: how brands can capture the mobile-driven "Ubiquitous" moment of truth. *Journal of Advertising Research*, 2018, 58(1), 12-15.
- [11] Guttentag, D. A. Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism management*, 2010, 31(5), 637-651.
- [12] Palumbo, F., Dominici, G., & Basile, G. The culture on the palm of your hand: how to design a user oriented mobile app for museums. In *Handbook of research on management of cultural products: e-relationship marketing and accessibility perspectives*, 2014, (pp. 225-244). IGI Global.
- [13] Serravalle, F., Ferraris, A., Vrontis, D., Thrassou, A., & Christofi, M. Augmented reality in the tourism industry: A multi-stakeholder analysis of museums. *Tourism Management Perspectives*, 2019, 32, 100549.
- [14] Nincorean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. Mobile augmented reality: The potential for education. *Procedia-social and behavioral sciences*, 2013, 103, 657-664.
- [15] Siang, T. G., Ab Aziz, K. B., Ahmad, Z. B., & Suhaifi, S. B. Augmented reality mobile application for museum: A technology acceptance study. In *Proceedings of the 6th International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*, 2019, (pp. 1-6). IEEE.
- [16] Pereira, F., Silva, D. C., Abreu, P. H., & Pinho, A. Augmented reality mobile tourism application. In *New Perspectives in Information Systems and Technologies*, 2014, Volume 2 (pp. 175-185). Springer, Cham.
- [17] Kapoor, A. P., & Vij, M. (2018). Technology at the dinner table: Ordering food online through mobile apps. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2018, 43, 342-351.
- [18] Sarasa-Cabezuelo, A. Creation of Value-Added Services by Retrieving Information From Linked and Open Data Portals. In *Advanced Concepts, Methods, and Applications in Semantic Computing*, 2021, (pp. 147-165). IGI Global.
- [19] Sarasa-Cabezuelo, A. Using open data repositories and geolocation to create value-added services for tourism. In *Proceedings of the 24th International Conference Information Visualisation (IV)* (pp. 126-131). IEEE.
- [20] Prasetyo, N. A. Design Mobile App for Increase the Visitor Museum using Gamification Method. *Telkomnika*, 2018, 16(6).
- [21] Pithadiya, B. H., Parikh, H. N., Pandya, H. N., & Vyas, D. IoT based Automation of Public Garden and Botanical Garden. In *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, (Vol. 2089, No. 1, p. 012062). IOP Publishing.
- [22] Postolache, S., Torres, R., Afonso, A. P., Carmo, M. B., Cláudio, A. P., Domingos, D., Redweik, P. Contributions to the design of mobile applications for visitors of Botanical Gardens. *Procedia Computer Science*, 2022, 196, 389-399.
- [23] Bettelli, A., Orso, V., Pluchino, P., & Gamberini, L. An enriched visit to the botanical garden: co-designing tools and contents. In *Proceedings of the 13th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter: Designing the next interaction*, 2019, (pp. 1-5).
- [24] Monserrat, E. A., Castilla, F., Bellet, M., Lara, M., & Vicente, V. Arbolapp: la app del CSIC para identificar árboles ibéricos y baleares. *La cultura del árbol*, 2015, (71), 18-24.
- [25] Goëau, H., Joly, A., Yahiaoui, I., Bakić, V., Verroust-Blondet, A., Bonnet, P., Molino, J. F. Plantnet participation at lifeclef2014 plant identification task. In *the Proceedings of the Conference and Labs of the Evaluation Forum*, 2014 (No. 1180, pp. 724-737).
- [26] Muñoz-Araque, D. M., Garcia, M. H., Garcia, P. G., & Montenegro, C. Navigation of resources from tangible object recognition to improve virtual tours in botanical gardens. In *the Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems*, 2020, (pp. 525-534). Springer, Cham.
- [27] Corradini, E., Cadei, C., & Gatto, G. Experiencing agro-biodiversity: a project for an app for the botanical garden of the University of Modena. *International Journal of Environmental Policy and Decision Making*, 2017, 2(2), 143-151.
- [28] Aldya, R. F., & Arifendi, R. F. Botanical application: Android-based learning media to enhance interest in learning plant material. *Edubiotik: Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan*, 2021, 6(01), 17-25.
- [29] Lee, H., Jung, T. H., tom Dieck, M. C., & Chung, N. Experiencing immersive virtual reality in museums. *Information & Management*, 2020, 57(5), 103229.
- [30] Shehade, M., & Stylianou-Lambert, T. Virtual reality in museums: Exploring the experiences of museum professionals. *Applied sciences*, 2020, 10(11), 4031.
- [31] Wojciechowski, R., Walczak, K., White, M., & Cellary, W. Building virtual and augmented reality museum exhibitions. In *Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology*, 2004, pp. 135-144.
- [32] Jung, T., Dieck, M., Lee, H., & Chung, N. Effects of virtual reality and augmented reality on visitor experiences in museum. In *Information and communication technologies in tourism*, 2016, pp. 621-635. Springer, Cham.
- [33] Parker, E., & Saker, M. Art museums and the incorporation of virtual reality: Examining the impact of VR on spatial and social norms. *Convergence*, 2020, 26(5-6), 1159-1173.
- [34] Gursoy, D., Malodia, S., & Dhir, A. The metaverse in the hospitality and tourism industry: An overview of current trends and future research directions. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 2022, 1-8.
- [35] Neumann, A., Laranjeiro, N., & Bernardino, J. An analysis of public REST web service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing*. 2018.
- [36] Donohue, R. G., Sack, C. M., & Roth, R. E. Time series proportional symbol maps with Leaflet and JQuery. *Cartographic Perspectives*, 2013, (76), 43-66.
- [37] Afzaal, M., Usman, M., & Fong, A. Tourism mobile app with aspect-based sentiment classification framework for tourist reviews. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2019, 65(2), 233-242.
- [38] Da Rosa, M. R., & Pereira, E. N. Design and Development of a Collaborative App with Accessibility Information about Tourist Sites. *Interfaces Científicas-Humanas e Sociais*, 2021, 9(2), 496-511.
- [39] Manczak, I., & Bajak, M. Tourist mobile applications: Evaluation of the VisitMalopolska app. *Tourism/Turyzm*, 2021, 31(1), 29-38.
- [40] Spreafico, C., & Spreafico, M. Using text mining to retrieve information about circular economy. *Computers in Industry*, 2021, 132, 103525.
- [41] Hickman, L., Thapa, S., Tay, L., Cao, M., & Srinivasan, P. Text preprocessing for text mining in organizational research: Review and recommendations. *Organizational Research Methods*, 2022, 25(1), 114-146.
- [42] Spreafico, C., & Russo, D. Assessing domestic environmental impacts through LCA using data from the scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 266, 121883.

Diseño de Aplicación para Medición de Situación de Equidad de Género en el Sector Energético

Software Design for Equity Gender Measurement in Energy Sector

Alden J. Jirón – alden.jiron@ulsa.edu.ni

Marco V. Sandino – marco.sandino@ulsa.edu.ni

Cristopher J. Dávila – cristopher.davila@ulsa.edu.ni

Universidad Tecnológica La Salle, León, Nicaragua

Resumen — La equidad de género en las organizaciones es un estado que resulta difícil de medir de manera precisa y comparable. Los métodos actuales contemplan mediciones más cualitativas que cuantitativas, lo cual presenta limitantes metodológicas con respecto a precisión y homogeneidad comparativa. Lo anterior pone difícil el hacer comparaciones entre organizaciones de un sector económico y mucho menos entre distintos sectores. Nuestro Modelo propone un esquema básico de medición de las desigualdades de género existentes, partiendo de la Planilla de Personal (anónima) y la Tabla de Valoración de los Perfiles de Cargos. Con ambos insumos un programa puede realizar la medición de parámetros, que luego pueden ser ajustados de acuerdo a las características de cada organización. Si el Modelo se desarrolla para su uso en web ofrece diversas ventajas como bajos costos de procesamiento, confidencialidad, replicabilidad, compatibilidad y precisión.

Palabras clave: equidad, género, perfil, cargos, planilla, desviación.

Abstract — Gender equity in organizations is a state that is difficult to measure in a precise and comparable way. Current methods contemplate more qualitative than quantitative measurements, which presents methodological limitations with respect to precision and comparative homogeneity. This makes it difficult to make comparisons between organizations in an economic sector, much less between different sectors. Our Model proposes a basic scheme for measuring existing gender inequalities, based on the Payroll (anonymous) and the Assessment Table of Position Profiles. With both inputs, a program can measure parameters, which can then be adjusted according to the characteristics of each organization. If the Model is developed for use on the web, it offers various advantages such as low processing costs, confidentiality, replicability, compatibility and precision.

Keywords: gender equity, profile, position, payroll, deviation.

I. INTRODUCCIÓN

A. Situación del Sector

Los análisis de inequidades o brechas de género son de mucha relevancia para el desarrollo social, económico y tecnológico a nivel mundial en todos los ámbitos de la sociedad, por lo que alcanzar la igualdad de género se ha convertido en un objetivo de diversos organismos, gobiernos y sectores empresariales [1]. La brecha laboral es un área de interés en la región, debido a la necesidad de empoderamiento femenino y a la amplia desigualdad que existe en cuanto al acceso a fuentes de empleo y brechas salariales entre hombres y mujeres [2] que a pesar de que se han reportado avances significativos sigue siendo muy amplia, en particular en los sectores industriales como construcción, manufactura, tecnología y energía [1], [3]–[5], un dato importante es que las mejoras en los indicadores se agrupa en los niveles académicos alcanzados y las

tasas salariales, sin embargo en lo que respecta a la participación laboral en particular la de niveles directivos y de tomas de decisiones se han mantenido muy similares [2].

A nivel mundial la tasa de participación sobre población activa entre hombres y mujeres es de 94% y 63% respectivamente [6], mientras que en el caso de la región latinoamericana los hombres tienen una participación de 76% frente al 52% de las mujeres. Existen diversos niveles de inclusión ya sea por países o sectores económicos, en México la participación femenina sobre su población activa es de 47% mientras que en países como Colombia y Brasil alcanza el 60% [7], en Perú al realizar el análisis por sectores económicos se encuentra que sectores como salud, servicios y educación tienen las tasas más altas (61.9%, 48.9% y 47.20% respectivamente), en contraste con sectores como pesca, minería y electricidad que cuentan con las tasas más bajas (2.3%, 12.8% y 15.20% respectivamente) [3]. En el sector de las TIC, sólo el 25% de los profesionales del sector son mujeres y a nivel mundial sólo un 20% desempeña cargos técnicos. Así mismo, las profesionales de ciencia, tecnología y computación representan en promedio menos del 30% del total [7].

Al fenómeno de la subrepresentación se le debe agregar la brecha salarial como problema de inequidad con las mujeres. La diferencia de ingreso por trabajo equivalente en los países de la región es muy alta. En Colombia, Perú, Brasil, Chile y México, por cada dólar que gana un hombre, una mujer gana entre 50 y 68 centavos por realizar el mismo trabajo. En el sector de tecnología, se encontró que, en Estados Unidos, las mujeres profesionales en este sector ganan US\$ 6,300 al año menos que los hombres. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en la región de Sudamérica, la brecha salarial entre hombres y mujeres en las áreas TIC puede alcanzar 40%. En Colombia, las mujeres ganan en promedio un 15% menos que los hombres en el sector tecnológico. En México, uno de los países con mayor brecha de género en América Latina, este porcentaje aumenta al 30% [7].

Estudios muestran que aquellas empresas con más de 40% de mujeres en sus equipos tienen 21% más probabilidades de presentar un alto rendimiento en comparación con las que tienen menos de 5%, mientras que aquellas empresas con un menor porcentaje de pluralidad de género muestran hasta 33% más resultados negativos que aquellas más diversas [8]. Por lo que la búsqueda de la reducción de la brecha va más allá del solo cumplimiento de los objetivos de género, sino que permitiría mejorar la competitividad de las empresas del sector energético.

B. Descripción del Problema

Al incrementar la importancia de la igualdad de género entre los investigadores, los profesionales del desarrollo y los responsables de la formulación de políticas, también creció la necesidad de una medición precisa de la misma, para con ello abordar los causales [9]. Este creciente interés en la elaboración de políticas basadas en evidencia científica y con enfoque de género, conlleva a que detectar la inequidad no es suficiente para asegurar una mejor comprensión de la magnitud, la dinámica y los impulsores de la desigualdad de género. Hay necesidad de enfoques estándar, metodologías comunes y herramientas analíticas que faciliten el uso de estos datos para un trabajo de diagnóstico sistemático y completo. En el 2007 el Banco Mundial desarrolló el software ADePT que incluía un módulo de Género, la cual era una herramienta para el diagnóstico de la desigualdad de género y su dinámica. La aplicación era intuitiva y constaba de dos partes: La primera parte utiliza estadísticas y tabulaciones simples para perfilar el alcance y la dinámica de las desigualdades de género en tres dimensiones: capital humano, oportunidades económicas y agencia; mientras que la segunda se centraba en las brechas de género en las oportunidades económicas mediante el análisis de las desventajas de género en el mercado laboral y, en particular, la desigualdad salarial, sin embargo esta herramienta presentó su última actualización en el año 2013 [10]. La desventaja principal de ADePT es que utiliza encuestas nacionales o similares para realizar sus análisis, lo que hacía difícil la homologación de los resultados y no contaba con registros en todos los escenarios, además de no contar con elementos que pueda facilitar análisis directamente en sectores empresariales o empresas.

No fueron visualizadas herramientas que agilicen las labores de monitoreo y evaluación (M&E) de las desigualdades de género presentes en organizaciones, empresas e instituciones, independientemente del sector al que pertenezcan en un nivel micro o macro (sectorial), aunque si se encontró algunos estudios que hacen referencia a herramientas estadísticas que permiten hacer este tipo de análisis [11], el problema radica en que se deben crear los modelos en cada herramienta por lo que debe existir un especialista en el área en cada empresa para poder realizarlos. Para análisis micro o sectoriales los métodos convencionales contemplan el uso de encuestas y entrevistas dirigidas, algunas de ellas llevadas a cabo de manera virtual, la visión cualitativa es predominante. La información colectada generalmente da indicios de que hay problemas en temas de género, pero no identifica con claridad en que parte de la estructura de la organización hay problemas, qué magnitudes tienen los problemas, origen de cada problema (Política de Género, Políticas de Recursos Humanos -RRHH). Por lo anterior, se hace necesario ver si hay desigualdad en la proporción de personas contratadas, pero hay que agregar cómo buscar y medir las desigualdades por cargos, por salarios, por asignación de responsabilidades, para citar algunas en el nivel micro.

II. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Diseñar una herramienta informática en línea (web) para la medición cuantitativa de la situación de género en empresas y organizaciones del sector energía. La cual facilite la recolección, procesamiento y presentación de resultados de mediciones, y con ello poder hacer comparaciones a nivel de organizaciones, industria y sector energético. El diseño podría contemplar la adaptación de una herramienta informática pre existente, la cual a partir de información básica como la planilla de la organización y la hoja de perfiles de puestos del Manual de Organización y Funciones haría procesos de cruce y síntesis de información con lo cual se puedan determinar sesgos por género en valuación de cargos, asignación de responsabilidades, salario nominal, entre otras variables.

Los alcances de la solución son modestos y contemplan la modificación de la aplicación pre-existente, o en su defecto, desarrollar un módulo específico para que combine, en línea, la información de la planilla y la información de la Hoja de Valoración de Cargos (Puntajes). Al integrar las informaciones es posible realizar los siguientes análisis: a) Participación femenina en la Gerencia de la Organización, determinando las proporciones de mujeres en cargos directivos y de Junta/Consejo Directivo, con puntajes asignados para valorar una distribución meta; b) Distribución de Género en la Estructura, donde se calculan las proporciones de mujeres en las categorías de cargos de trabajo (Gerencial/Directivo, Ejecutivo, Operativo), en estos casos también pueden existir subcategorías, asignando puntajes por categoría; c) Puntaje Promedio de Cargos, esto conlleva la determinación del desbalance o desviación entre mujeres y hombres, clasificados por categorías y subcategorías de cargos, en este análisis se busca la desviación con respecto al puntaje promedio de la categoría o nivel; d) Ingresos Nominales Promedio, este busca la determinación del desbalance o desviación entre mujeres y hombres, clasificados por categorías y subcategorías de salarios, la desviación buscada es con respecto al salario promedio de la categoría o nivel.

III. DESARROLLO

A. Desarrollo de la aplicación

Para el diseño de la aplicación se deben seguir los pasos del modelo en cascada del desarrollo de software, en el presente documento se aborda el paso uno correspondiente al establecimiento de las especificaciones de los requerimientos del software y la selección de las tecnologías requeridas (ver figura 1).

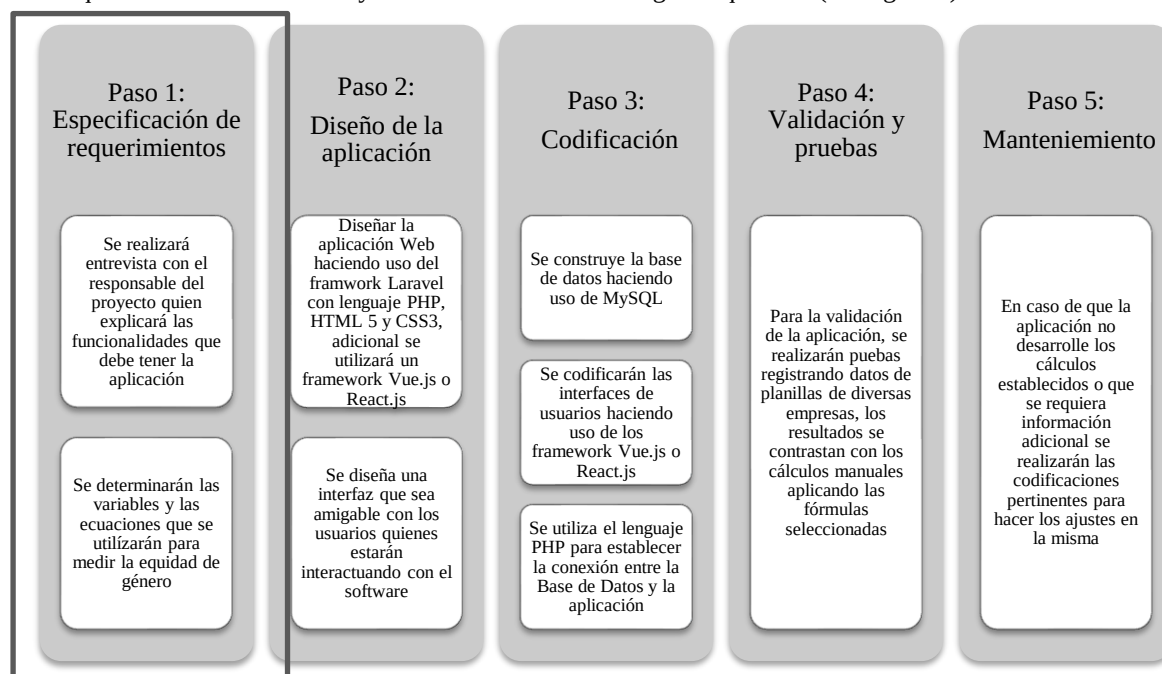


Figura 1. Modelo en cascada de desarrollo de la aplicación

B. Descripción de la Funcionalidad de los Análisis

Cada uno de los análisis requiere información contenida en la Planilla de Personal y la Hoja de Valuación de Cargos, o una combinación de ambas.

Análisis de Participación de la Gerencia: El sistema solicitará la carga del(los) archivo(s) en Excel o CSV para su lectura, que tendrán una estructura definida para leer debidamente la información. Una vez cargado dicho(s) archivo(s), el sistema identificará todos los cargos que formen parte de la Gerencia (Directivos) y se hacen dos consultas: a) Porcentaje de Mujeres en cargos Directivos; b) Puntaje Obtenido por Participación de Género en el Nivel Directivo. El primero es un cálculo simple (número de mujeres/

número de cargos directivos). En el segundo se calcula el puntaje a asignar a cada cargo, de manera diferenciada por sexo, basado en una distribución porcentual meta (consultar imagen Participación en la Gerencia del apartado Modelo de Pruebas de la Propuesta). En base a los datos requeridos el sistema procede a realizar el cálculo:

- Para los cargos de Dirección Superior seleccionados (Director/Gerente General, Vices, Secretario General / Contralor) se le asignara el máximo de puntos si dicho cargo está siendo ocupado por una mujer o bien se aplica un porcentaje menor de puntos en caso de ser hombre.
- Para el resto de cargos directivos, se agrupan por tipología de cargos (Directores/Gerentes Específicos, Vices, Miembros de Junta Directiva) y se asignan puntajes por tipo, si la participación de género es menor a 35% entonces hay asimetría extrema y sólo se distribuyen 70% del valor del puntaje del tipo. Si la participación supera es igual o mayor a 35% se distribuyen el 100% de los puntos entre ambos géneros.
- La distribución es de 100 puntos. Por lo cual, organizaciones dirigidas en el estrato superior por mujeres y con un balance de género en el resto de posiciones gerenciales se acercarian u obtendrían los 100 puntos. Ello equivaldría a tener una excelente representación de la equidad de género en la Gerencia.

Análisis de Distribución en la Estructura de la Organización: Al igual que en el anterior, el programa detecta las categorías de cargos que hay en la planilla (Directivos/Ejecutivos/Operativos) y si son de línea o staff. De forma automática calcula: a) Porcentaje de distribución por sexo y tipo (Línea, Staff) en cada categoría; b) Puntaje Obtenido por Distribución de Género en la Estructura de la Organización. A partir de lo anterior establece porcentajes. Los puntos a asignar a cada categoría (Directiva, Ejecutiva, Operativa), se establecen anticipadamente. Con la información el sistema realizara el análisis en donde:

- Si hay asimetría de género, es decir, cualquier género tiene menos del 35% de participación sólo se asignará el 70% de los puntos en cada categoría asimétrica.
- La distribución es de 100 puntos. Por lo cual, organizaciones con un balance de género en todas las categorías se acercarian u obtendrían los 100 puntos. Ello equivaldría a tener una excelente Distribución en la Estructura de la Organización.

Análisis del Puntaje Promedio de Cargos en la Organización: A partir de la información disponible, donde cada cargo reportado en planilla tiene un puntaje, el cual se ha verificado con la Hoja de Valuación de Cargos, el programa detecta y calcula lo siguiente:

- Los Niveles y Rangos de puntos correspondientes a cada categoría de cargo (Directivos, Ejecutivos, Operativos).
- Puntaje promedio general por cada nivel.
- Puntaje promedio por género en cada nivel.
- Desviación del puntaje promedio por género en cada nivel.
- Datos adicionales (Ingresado por el usuario):
- Para cada nivel se ingresan los puntos de distribución (100 puntos a distribuir).
- Porcentaje de variación con respecto al puntaje promedio del nivel que será considerado como máximo aceptable para cada nivel y género

Una vez ingresados los datos adicionales se realiza el análisis en donde las normas serían que:

Se verifica si el margen de variación de cada cargo supera el Porcentaje del Margen de Variación Meta, por ejemplo +/- 10%. Si supera el margen entonces se le otorgará al nivel en cuestión el 70% de los puntos.

Si la variación es menor al Porcentaje del Margen de Variación Meta, por ejemplo +/- 10%, entonces se asigna el puntaje total.

Se hace la sumatoria de los puntos obtenidos en cada nivel y este es el puntaje acumulado para el análisis. Como son 100 puntos los distribuidos en cada nivel, entonces se espera que si no hay variaciones superiores a los establecidos en los márgenes meta, entonces un alto puntaje cercano a 100, significaría que la organización tiene una distribución óptima de mujeres y hombres de acuerdo a los cargos y sus puntajes obtenidos.

Análisis de los Ingresos Nominales Promedio en la Organización: Se hará uso de la Planilla así como de la Hoja de Valuación de Cargos como el análisis anterior. Aquí se busca que la remuneración esté en correspondencia al puntaje de cargos y hay un Porcentaje del Margen de Variación Meta.

El programa detectara de la Hoja de Valuación lo siguiente:

- Los Niveles y Rangos de ingresos correspondientes a cada categoría de cargo (Directivos, Ejecutivos, Operativos).
- Ingreso promedio general por cada nivel.
- Ingreso promedio por género para cada nivel.
- Desviación del puntaje promedio por género en cada nivel.
- Datos adicionales (Ingresado por el usuario):
- Para cada nivel se ingresan los puntos de distribución (100 puntos a distribuir).
- Porcentaje de variación con respecto al ingreso promedio del nivel que será considerado como máximo aceptable para cada nivel y género

Una vez ingresados los datos adicionales se realiza el análisis en donde las normas serían que:

Se verifica si el margen de variación de cada cargo supera el Porcentaje del Margen de Variación Meta, por ejemplo +/- 10%. Si supera el margen entonces se le otorgará al nivel en cuestión el 70% de los puntos.

Si la variación es menor al Porcentaje del Margen de Variación Meta, por ejemplo +/- 10%, entonces se asigna el puntaje total.

Se hace la sumatoria de los puntos obtenidos en cada nivel y este es el puntaje acumulado para el análisis. Como son 100 puntos los distribuidos en cada nivel, entonces se espera que, si no hay variaciones superiores a los establecidos en los márgenes meta, entonces un alto puntaje cercano a 100, significaría que la organización tiene una distribución óptima de los ingresos entre mujeres y hombres, de acuerdo a sus cargos y los puntajes obtenidos.

C. Modelo de procesamiento.

La aplicación estará diseñada preliminarmente para mantener anonimato del usuario al no solicitar identificación o registro. Se estima que ello facilita el acceso y mantiene la confianza de quien haga su proceso en línea de manera gratuita, además que disminuye requerimientos de almacenamiento. La opción de resguardo podrá ser considerada en una versión pagada, ya que podría adicionar otros análisis basados en información histórica previamente almacenada y resguardada, que requieren el consentimiento de la persona usuaria, en representación de una organización o empresa.

El siguiente modelo es una representación de cómo se verían relacionados los datos en el sistema para la opción con resguardo, derivado de que el usuario haya decidido guardar su información.

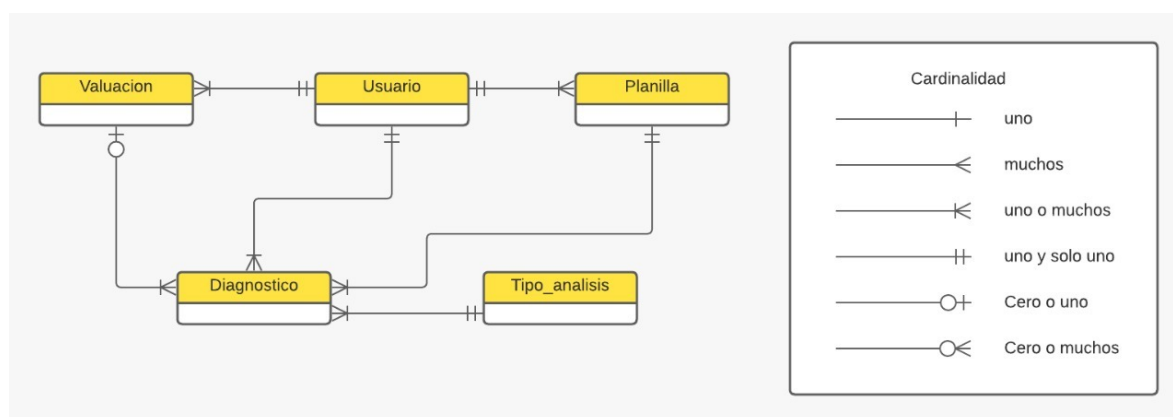


Figura 2. Diagrama del modelo de procesamiento

Tecnologías propuestas para el desarrollo.

Al ser una aplicación en línea hay que tomar en cuenta distintos aspectos como: alojamiento de los datos, desarrollo (backend y frontend), seguridad, etc. A continuación, se propone una serie de tecnologías para llevar a cabo el desarrollo de la solución tecnológica:

Tabla 1. Selección de tecnologías a utilizar en la aplicación

Tecnología	Descripción	Fuente de descarga
PHP	Lenguaje de programación del lado del servidor empleado para la conexión de la plataforma web con la base de datos.	https://www.php.net/downloads.php
HTML 5	Lenguaje de etiquetas para construir la estructura de la aplicación web	https://www.microsoft.com/es-ni/p/html5-css-php-javascript/9nblggh08ltm?activetab=pivot:overviewtab
CSS3	Lenguaje de diseño utilizado para definir un estilo agradable a la aplicación web.	https://www.w3.org/Style/CSS/software.es.html
JavaScript	Lenguaje de programación del lado del cliente para desarrollar el comportamiento de los elementos en la página web.	https://www.javascript.com/
Vue.js / React.js	Frameworks o librerías de JavaScript para la construcción y legibilidad del código, alternativas que pueden sustituir a JavaScript.	https://es.vuejs.org/v2/guide/installation.html https://es.reactjs.org/
MySQL	Sistema de Gestión de base de datos relacionales basado en el lenguaje de consultas SQL.	https://dev.mysql.com/downloads/mysql/
Laravel frameworks	Framework de código abierto utilizado para el desarrollo sencillo y elegante con PHP.	https://laravel.com

IV. CONCLUSIONES

La medición de la brecha de género en participación laboral y niveles salariales es fundamental para entender la realidad de las empresas y plantear políticas y estrategias que permitan el cumplimiento de los objetivos de equidad de género en el ámbito laboral. Actualmente, este tipo de mediciones se realiza a través de estudios de países a través de encuestas que presentan los resultados de una manera general o bien categorizándolos por sectores económicos.

Los resultados de los estudios en los últimos años demuestran que ha habido mejoras respecto a la brecha de género en el ámbito laboral, sin embargo, esta todavía persiste sobre todo en lo que respecta a los niveles salariales y la participación en puestos directivos y de tomas de decisiones. El sector de energía como sector industrial, es uno de los sectores donde la brecha laboral de género es más amplia, por lo que se requiere plantear acciones que permitan cumplir los objetivos de equidad de género.

Los objetivos vinculados a la disminución de la brecha de género en ámbitos laborales establecen como meta la igualdad de condiciones respecto a la participación laboral, participación en puestos directivos y niveles salariales. Para ello las empresas deben establecer metas individuales de acuerdo a su realidad y medir de forma constante su brecha para la toma de decisiones y establecimiento de políticas internas. La medición va más allá de solo comparar porcentajes de participación, sino que el proceso debe ser más complejo tomando en cuenta una amplia diversidad de factores. Actualmente no se cuenta con un software que pueda realizar mediciones sobre la equidad de género en las empresas, por lo que si se requiere este tipo de análisis se deben crear los modelos en software de cálculo o estadísticos lo que requiere un amplio conocimiento en el área correspondiente.

Es necesaria la creación de un software para la medición de la equidad de género en las empresas del sector de energía, que permita a los responsables de talento humano y sus directivas analizar de manera constante la realidad de las empresas de manera sencilla a partir de datos de la planilla de la empresa y que ofrezca a su vez información que permita tomar decisiones y establecer políticas de género para el cumplimiento de los objetivos de equidad y reducción de las brechas.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración brindada por las autoridades de la Universidad Tecnológica La Salle, así como por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), la cual ha brindado espacios para capacitación en temas de Energía y Equidad de Género.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. García-Holgado, A. Camacho Díaz, y F. J. García-Peñalvo, «La brecha de género en el sector STEM en América Latina: una propuesta europea», pp. 704-709, 2019, doi: 10.26754/CINAIC.2019.0143.
- [2] I. Cebrián y G. Moreno, «Desigualdad de género en el mercado laboral», *Panorama Social*, n.º 27, pp. 47-63, 2018.
- [3] L. Villahermosa, «Abriendo paso: la participación de la mujer en industrias como minería, construcción o transporte contin», *América Econ.*, pp. 30-34, 2019.
- [4] S. Mateos Sillero y C. Gómez Hernández, *Libro blanco de las mujeres en el ámbito tecnológico*. España: Ministerio de Economía y Empresa, 2019.
- [5] R. E. Rodríguez Pérez y R. E. Rodríguez Pérez, «Brecha salarial por género en México: desde un enfoque regional, según su exposición a la apertura comercial 2005-2015», *Nóesis Rev. Cienc. Soc.*, vol. 27, n.º 54, pp. 19-38, dic. 2018, doi: 10.20983/noesis.2018.2.2.
- [6] M. Moran, «Crecimiento económico», *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/> (accedido 7 de mayo de 2022).
- [7] L. Baratier y C. Parga Fuentes, «El futuro de la tecnología: inclusión femenina», Laboratoria, México, 2021.
- [8] sa Osores, «Equidad de género impulsa el desarrollo en la industria tecnológica», *ComputerWeekly.es*, 7 de marzo de 2022. <https://www.computerweekly.com/es/noticias/252514274/Equidad-de-genero-impulsa-el-desarrollo-en-la-industria-tecnologica> (accedido 7 de mayo de 2022).
- [9] M. de la R. Valverde, «La métrica de la brecha salarial de género», *Cap. Hum. Rev. Para Integr. Desarro. Los Recur. Hum.*, vol. 32, n.º 348, p. 2, 2019.
- [10] The Work Bank, «ADePT - ADePT Gender». https://web.worldbank.org/archive/website01411/WEB/0__CO-27.HTM (accedido 7 de mayo de 2022).
- [11] A. Hernández-Mendo, Á. Blanco-Villaseñor, J. L. Pastrana, y F. J. Ramos-Pérez, «SAGT: aplicación informática para análisis de generalizabilidad», *Rev. Iberoam. Psicol. Ejerc. El Deporte*, vol. 11, p. 14, 2016.

Pensamiento Computacional y Robótica

Formación docente continua desde la educación Inicial hasta el Nivel Medio

Computational thinking and robotics

Continuous teacher training from Initial to Intermediate Level

Alicia Sposetti de Croatto, Eliana Verónica Gariboldi
Instituto Privado Galileo Galilei. Rio Cuarto (Cba.-R.A.)
sposetti@arnet.com.ar, elianagariboldi@gmail.com.

I

Resumen_ Este artículo presenta un programa de enseñanza de la robótica desde Nivel Inicial, pero pretende servir de base para que se consolide una dinámica de trabajos en el ámbito del aula con clases de robótica. Con independencia de la calidad del estudio longitudinal que se esté llevando a cabo y de la relevancia de los resultados de proceso que se muestren en la ponencia, la importancia de esta presentación está dada por el esfuerzo de aprender programación, entendida como la alfabetización de hoy. Este desarrollo sólo pudo realizarse mediante un trabajo colaborativo con Cátedras de la Facultad de Ingeniería, de la UNRC., incluidos profesor y estudiantes, para la formación de los docentes en Edukit10, en base a Arduino nano y la tutoría en el aula durante el desarrollo y la experiencia educativa de las clases y la incorporación de una profesional Ingeniera en Sistemas de Información en el año en curso, para la continuidad de la formación docente y la experiencia educativa.

Palabras clave; Enseñanza de la robótica; Pensamiento computacional; Edukit10; Arduino nano; Trabajo colaborativo; Programas

Summary_ This article presents a program of teaching robotics at its initial level, but aims to serve as a basis for consolidating from the Initial Level a dynamic of work in the field of the classroom with robotics classes. Regardless of the quality of the longitudinal study that is being carried out and the relevance of the process results shown in the presentation, the importance of this presentation is given by the effort to learn programming, understood as today's literacy. This development could only be carried out through a collaborative work with Chairs of the Faculty of Engineering, of the UNRC., including professor and students, for the training of teachers in Edukit10, based on Arduino nano and tutoring in the classroom during the development of classes and the incorporation of a professional Information Systems Engineer in the current year, for the continuity of teacher training and educational experience.

Keywords; Teaching robotics; Computational thinking; Edukit10; Arduino nano; Collaborative work; Programmes.

I. INTRODUCCIÓN

Hace varias décadas algunos científicos pensaron en diseñar y construir instrumentos tecnológicos que les permitieran a los niños acercarse a la tecnología y la programación mientras aprendían de forma lúdica. Symourt Papert, discípulo y colaborador de Jean Piaget, desarrolla una innovadora percepción del aprendizaje llamada construccionismo, en la cual se destaca la importancia de la participación activa de los estudiantes [1].

Aprender a crear, a resolver problemas, a enfrentar desafíos y disfrutar del proceso jugando siempre estuvo presente en las tareas del aula, porque aprender también puede ser un juego, donde los alumnos avanzan a su ritmo en función de su edad y conocimientos.

El objetivo de esta ponencia es presentar una propuesta integradora de continuidad en la capacitación docente para la enseñanza de la robótica educativa en relación con la ciencia, iniciada en el Nivel Primario,

y continuada en el Nivel Medio mediante la elaboración de un invernadero con el mantenimiento del riego mediante la aplicación de robótica, a fin de responder a la problemática que encuentra el alumno para darle un significado y aplicación a los conocimientos que obtiene en el aula y relacionarlos con las otras asignaturas.

II. EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

Las habilidades necesarias en los tiempos actuales, no sólo están enfocadas en entender cómo funciona una computadora y qué es capaz de hacer, sino también en desarrollar herramientas y técnicas para analizar los problemas y diseñar sus posibles soluciones. Estos conocimientos y habilidades son las que se conocen hoy con el nombre de pensamiento computacional (en adelante: PC).

El PC entendido como una habilidad cognitiva permite a los niños desarrollar su capacidad para formular, representar y resolver problemas a través de herramientas y conceptos que se utilizan en informática. En este sentido, a partir de la revisión sistemática de estudios empíricos se encontró que el PC desarrolla diferentes habilidades en los estudiantes, como según coinciden en sus estudios, al considerar la abstracción como una de las habilidades que se necesitan para desarrollar el PC [2].

El PC, entonces, no debe considerarse como una forma superadora de todos los métodos disponibles para solucionar problemas, sino como un método complementario, propio de este tiempo, que se puede utilizar más allá de las tecnologías. En contraste de otras estrategias de aprendizaje basadas en las tecnologías de la información y la computación, Papert y su grupo, proponían que el alumno debía involucrarse en el diseño y construcción de sus propios proyectos apoyados en el uso de la computadora [3].

Este trabajo incluye una introducción al PC y a la enseñanza de problemas vinculada a los saberes digitales y tareas que pueden ser realizadas en el aula con lápiz y papel.

III. LA ROBÓTICA EDUCATIVA COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Esta escuela tiene una larga trayectoria de desafíos, de incorporar materiales didácticos orientados al desarrollo del PC, con la intención de facilitar el acceso a educación digital, programación y robótica [4].

A. *Hardware y software libres*

En la institución utilizamos Edukit 10, software libre que consta de un Kit Inicial con sensor de temperatura, accesorios en 3D, sensor de luz, arduino nano, servo motor, portapilas, cable USB, botones, buzzer, leds; y un Kit Expansión con sensor ultrasónico, mini protoboard, bluetooth, cables. Se seleccionaron porque tiene un costo accesible para la adquisición de los 15 Kit que ya se utilizaron en la primera etapa de trabajo.

B. *Curso de capacitación: Primeros pasos de Programación utilizando un Entorno Arduino*

El Curso de capacitación fue ejecutado por la Facultad de Ingeniería del Dpto de Telecomunicaciones de la UNRC a cargo del Ing. Darío Walter Díaz.

Las clases se desarrollaron para la introducción, utilización de IDE Arduino y simulador Tinkercard, implementación de led sobre kit de desarrollo; a su vez se trabajó acerca de la implementación de botones y buzzer sobre kit de desarrollo, e implementación de sensores, serial y servos en el kit de desarrollo y propuestas de trabajo final.

C. *Desarrollo del proyecto:*

El proyecto se desarrolló en la escuela con los estudiantes de 6to grado “A” y “B”. Desde las ciencias naturales se trabajó contenidos relacionados con la temperatura en general, sus variaciones, fenómenos atmosféricos y meteorológicos, también se abordó sobre el gasto energético y la importancia del ahorro y cuidado. Los alumnos buscaron información al respecto y luego pasaron del ámbito teórico al ámbito concreto, programando a través del sistema Arduino un dispositivo que les permitiera “medir”, valga el término, la temperatura en un espacio compartido como puede ser la cocina de una casa. Para llevar a cabo este proyecto contaron con la ayuda de las docentes y de tutores que, desde la sala de informática, una vez por semana programaron con bloques el dispositivo y que se puso en funcionamiento cada vez que se produzcan determinadas situaciones tal cual los estudiantes lo habían programado.

D. *Avances en el año 2022*

Los alumnos, en un trabajo de integración entre niveles educativos, propusieron la construcción de un invernadero para desarrollar un proyecto de hidroponía. Los alumnos de educación primaria elaboraron los plantines y los del nivel medio están construyendo el invernadero y su posterior sistema de riego con un

desarrollo de informática. La "Fig. 1" presenta un prototipo de invernadero desarrollado con botellas recicladas encastradas.



Figura 1 Prototipo de invernadero

IV. NUEVA PROPUESTA: PROYECTO PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

A. *Capacitación docente*

La capacitación a los docentes, de nivel inicial y primario, propone brindar apoyo para enseñar algunos conceptos del PC, que permitan resolver problemas reales, analizando una situación, dividiéndola en partes más pequeñas para luego buscar una solución posible que pueda ser traducida a instrucciones que una computadora pueda ejecutar, proporcionando de esta manera un marco teórico y una base sólida para tomar de referencias a la hora de planificar sus propias clases y llevar su desarrollo al aula de manera transversal en todas las disciplinas.

B. *Desarrollo de la capacitación docente*

Los docentes son introducidos a dos conceptos que van a crear una base para la comprensión de la programación: instrucciones y secuenciación. A través de diversas actividades interactivas sin computadora (desenchufadas) y en entornos de desarrollo de programación en bloques, adquirirán una comprensión básica de estos dos conceptos.

Lo anterior aplicado a la resolución de problemas y entendiendo que los problemas son situaciones que ubican a quién los resuelve ante la necesidad de desplegar su actividad cognitiva en un intento de búsqueda de estrategias, de elaboración de conjeturas y de toma de decisiones [5] y con un modo de abordaje, donde una misma situación problemática puede ser resuelta por distintos diseños de algoritmos.

Tomando como base para la resolución de situaciones problemática cotidianas, los aportes del destacado matemático George Pólya que en gran parte de su vida académica se dedicó a investigar en el área de resolución de problemas y considerado pionero en la temática por sus aportes, que se basan en una perspectiva global y para nada restringida a las matemáticas, enfocó la resolución de problemas desde un punto de vista que permitió plantear una serie de procedimientos que se aplican en la vida diaria: (1) Comprender el problema. Identificar lo que hay que resolver y las condiciones asociadas. (2) Elaborar un plan. (3) Ejecutar el plan. Desarrollar el resultado de la respuesta, a partir de ejecutar el plan, avanzando y verificando cada paso. (4) Revisar y verificar la solución. Controlar qué hace y que dice el resultado.

Todas las actividades que se proponen se resuelven mediante un tratamiento de la situación problemática resolviendo con el método de Pólya y la programación algorítmica, con y sin computadoras, donde el objetivo general es brindarle al docente un marco sólido para tomar de base a la hora de elaborar sus propias clases y brindar a los alumnos la habilidad para pensar y actuar creativamente. Todos los entornos de programación utilizados, Lightbot, Pilas Bloques, Scratch y Mblock son gratuitos y multiplataforma.

C. *Ciclo básico nivel medio*

Las habilidades del PC, son abordadas y desarrolladas en sus contenidos teóricos y prácticos en la materia Educación tecnológica del ciclo básico del nivel medio, otorgando a los estudiantes la habilidad de pensar y actuar creativamente de manera transversal en las diferentes disciplinas del programa educativo.

Dichas destrezas permiten adquirir un mayor nivel de abstracción con el fin de resolver problemas concretos del mundo real, investigando y desarrollando diferentes proyectos de distintas envergaduras y alcances.

V. CONCLUSIONES

En el desarrollo del proyecto, de la primera etapa, se identifican tres grandes momentos: inicio, desarrollo y socialización. El trabajo por proyectos didácticos permitió a los alumnos acercarse gradualmente al mundo de los usos sociales, pues en cada momento se requirió que movilicen conocimientos previos y aprendan otros, trabajando con situaciones cercanas a la cotidianeidad escolar, de tal forma que aprenden a hacer haciendo. Con esta organización del trabajo en el aula, los alumnos obtienen mayores logros que con otras

formas de enseñanza, pues en los proyectos didácticos el trabajo colaborativo y los intercambios comunicativos son elementos fundamentales que se adecuan a las características que tienen las prácticas.

Como los alumnos que trabajaron en la primera propuesta educativa ahora están cursando en el Nivel Medio, al retomar la enseñanza de la robótica en relación con las ciencias naturales y la integración de los niveles primario y secundario, se lograron objetivos de integración entre niveles de educación.

En el trabajo propuesto, para esta segunda etapa, la enseñanza de robótica permitirá el logro de propósitos educativos, por medio de un conjunto de acciones, interacciones y recursos planeados y orientados a la resolución de un problema ecológico de situación concreta y a la elaboración de una producción tangible. Mediante hidroponía, se logra la producción de plantines realizados por los niños del Nivel Primario que se desarrollarán en un invernadero construido con botellas plásticas por los alumnos del Nivel Medio. El riego será aportado por el sistema que elaboren en este año en las clases de robótica.

Con el trabajo por proyectos integrados y la formación continua de los docentes se logra que los alumnos y los docentes aprendan al tener la experiencia directa asesorados por profesionales de las Ciencias Naturales y del PC aplicado en robótica.

Se observa que, los proyectos didácticos entendidos como actividades planificadas que involucran secuencias de acciones y reflexiones coordinadas e interrelacionadas para alcanzar los aprendizajes esperados que, en el caso de robótica, favorecen el desarrollo de competencias.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Monsalves González, Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente, Revista de Pedagogía 2011, 32 (90)
- [2] García-Valcárcel, A., & Caballero-González, Y. A., Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación, 27(59), 63-72. doi:<https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- [3] Resnick, M. (2001). Tortugas, termitas y atascos de tráfico. Exploraciones sobre micro mundos masivamente paralelos. Barcelona: Editorial Gedisa.
- [4] A.Sposetti O., V. Buttie y O. Palombarini, “Una experiencia de Enseñanza de Robótica en la Escuela Primaria”, En: Integrando Saberes e Abrindo Caminhos Vol I pp 253- 254, Data de aceite: 11/06/2021.
- [5] Azcue, Diez, Lucanera y Scandrolí, 2006. Resolución de un problema complejo utilizando un elemento de naturaleza heurística. Revista Iberoamericana de Educación, 37(6). Recuperado de <https://rieoei.org/RIE/article/view/2684/3667>.

Transferencia de aprendizaje de modelos en inglés para el reconocimiento automático del discurso en español

Transfer learning of model in English for automatic speech recognition in Spanish

Lester Yonabel Bográn Ortiz
Universidad Nacional Autónoma de Honduras
lesterbogran@gmail.com

Resumen — El reconocimiento automático del discurso hablado es un área de estudio de la inteligencia artificial que intenta dar a las máquinas la capacidad de reconocer las palabras presentes en el habla de una lengua en particular. Gracias a asistentes inteligentes como Siri de Apple o Alexa de Amazon esta tecnología ha cobrado gran relevancia, al demostrar que los modelos de reconocimiento de la voz se vuelven más precisos. Adicionalmente a esto el surgimiento de herramientas como Coqui STT o NVIDIA NeMo, que facilitan implementar modelos de redes neuronales para el reconocimiento automático de la voz. En este trabajo se hace uso de la transferencia de aprendizaje para entrenar una red neuronal con la arquitectura QuartzNet tomando como base un modelo del idioma inglés para generar un modelo en idioma español. Los resultados muestran que la transferencia de aprendizaje permite crear modelos en el idioma español bastante buenos con poco entrenamiento.

Palabras clave; *Procesamiento del lenguaje natural; Reconocimiento automático del discurso; Aprendizaje Profundo; Transferencia de aprendizaje*

Abstract — The automatic recognition of spoken speech is an area of study of artificial intelligence that tries to give machines the ability to recognize the words present in the speech of a particular language. Thanks to smart assistants such as Apple's Siri or Amazon's Alexa, this technology has gained great relevance, demonstrating that voice recognition models become more accurate. In addition to this, the emergence of tools such as Coqui STT or NVIDIA NeMo, which make it easier to implement neural network models for automatic voice recognition. In this work, transfer learning is used to train a neural network with the QuartzNet architecture based on an English language model to generate a Spanish language model. The results show that the transfer of learning allows to create models in the Spanish language quite good with little training.

Keywords; *Natural Language Processing; automatic speech recognition; Deep learning, Transfer learning.*

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el reconocimiento automático o ASR (por sus siglas en inglés, Automatic Speech Recognition) del discurso ha cobrado gran relevancia, en gran parte gracias a la popularización de los asistentes inteligentes como Google Now, Siri de Apple o Cortana de Microsoft [1]. También la existencia de herramientas para la construcción de modelos de ASR como NVIDIA NeMo [2] y la disponibilidad de grandes conjuntos de audios como Mozilla Common Voice [3], ha permitido que muchos usuarios o programadores independientes puedan desarrollar sus propios modelos de ASR capaces de reconocer audios con independencia de hablante para un determinado idioma. Herramientas como NeMo incluso permiten aprovechar el entrenamiento de modelos realizados para reconocer las frases o palabras presentes en un

archivo de audio en un determinado idioma, como por ejemplo el inglés, y utilizar esa base para desarrollar un modelo que sea capaz de reconocer las palabras o frases presentes en un audio en el idioma alemán [4]. Esto es lo que se denomina transferencia de aprendizaje o Transfer Learning.

Este trabajo tiene como objetivo aprovechar la existencia de modelos de ASR entrenados para reconocer las palabras presentes en un audio en inglés, y utilizar dicho modelo para la construcción de un nuevo modelo de ASR capaz de reconocer las palabras presentes en un audio en español haciendo uso del conjunto de herramientas NeMo de NVIDIA y el corpus de Mozilla Common Voice en español.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Antecedentes

El procesamiento del lenguaje natural es una rama de la inteligencia artificial que tiene que explorar cómo pueden ser utilizadas las computadoras para comprender y manipular el texto o el habla del lenguaje natural [5]. El reconocimiento automático del discurso o reconocimiento automático del habla (ASR) es un área de estudio del procesamiento de lenguaje natural, que tiene como objetivo dotar a las computadoras de la capacidad de reconocer el lenguaje natural humano con el fin de mejorar la interacción entre humano y máquina [6]. En 1930 Homer Dudley presentó un modelo de análisis y síntesis del habla, desde entonces, el ASR ha pasado por mucho, desde simples sistemas de detección de sonidos hasta los complejos sistemas capaces de responder con fluidez al lenguaje humano.

En el reconocimiento automático del discurso se pueden encontrar sistemas discretos o continuos que pueden ser dependientes o independientes del hablante [7]. Un sistema de ASR discreto utiliza modelos acústicos separados para cada palabra o frase mientras que los sistemas de ASR continuos tienen la facultad de responder a la pronunciación de palabras u oraciones presentados en serie en un orden específico. Se considera que un sistema de ASR es dependiente del hablante cuando este requiere que el usuario registre un ejemplo de palabra u oración que desea que el sistema pueda reconocer, mientras que un sistema independiente del hablante no requiere de ningún ejemplo previo por parte del usuario para que este pueda ser utilizado. Lo anterior hace evidente que los sistemas dependientes del hablante son más simples de construir y más precisos que los sistemas independientes. Los sistemas independientes del hablante pueden volverse más complejos si se incluyen otros factores fuerza de entonación, como la velocidad del hablante, el acento, etc. Es debido a esta complejidad que se han propuesto diferentes técnicas de ASR, con el fin de mejorar precisión y robustez del análisis y modelado de los sistemas de ASR [8].

El Modelo de Mezcla Gaussiana es un método estadístico para características de voz basadas en el espectro de Fourier cuya principal ventaja es la forma fácil de usarlo para ajustar los datos de una amplia gama de características de voz utilizando el algoritmo Esperanza-Maximización (EM) [9]. Los Modelos de Markov Oculto son uno de los métodos predominantes para el reconocimiento de voz por la facilidad y disponibilidad de algoritmos de entrenamiento para estimar los parámetros de los modelos a partir de conjuntos finitos de entrenamiento de datos de voz [10]. La Deformación de tiempo dinámica es un algoritmo cuya popularidad radica en ser extremadamente eficiente como medida de similitud de series temporales que minimizan los efectos del desplazamiento y distorsión en el tiempo al permitir la transformación “elástica” de series de temporales para detectar formas similares con diferentes fases [11].

Las Redes Neuronales artificiales son modelos no lineales capaces de aprender de los datos y se han aplicado en muchas áreas donde tradicionalmente se emplean métodos estadísticos [12], sin embargo, han demostrado que son capaces de superar los resultados obtenidos con métodos como los modelos ocultos de Markov [7]. Debido a esto las redes neuronales artificiales se han convertido en el foco de atención en muchos campos entre ellos el reconocimiento automático del habla [11]. El aprendizaje profundo es a una clase de técnicas de aprendizaje automático, donde una red de neuronas artificiales con muchas capas de neuronas es capaz de aprender características de los datos de manera no supervisada para la clasificación de patrones. A mediados de la primera década del siglo XXI quedó demostrado el éxito del aprendizaje profundo en diversas como, reconocimiento fonético, búsqueda de voz, reconocimiento de voz espontáneo, codificación de características de voz e imagen, clasificación de enunciados semánticos, reconocimiento de escritura a mano, procesamiento de audio, entre otros [14].

El reconocimiento de voz de extremo a extremo (End-to-end automatic speech recognition) es un área de investigación activa, que muestra resultados convincentes. En este campo existen trabajos muy interesantes como Deep Speech 2 que ha demostrado una gran precisión en el reconocimiento y entendimiento del discurso [15]. Por otro lado, las redes neuronales recurrentes (RNN, por sus siglas en inglés Recurrent Neural Network) son un modelo poderoso para datos secuenciales. El entrenamiento de estas redes es posible gracias a métodos de entrenamiento de extremo a extremo o clasificación temporal conexional. Trabajos como el de Graves, Mohamed y Hinton en [16] han demostrado que las RNN tienen mucho futuro en este campo.

NVIDIA NeMo (Neuronal Modules) es un conjunto de herramientas diseñado para crear aplicaciones de Inteligencia Artificial por medio de la reutilización, la abstracción y la composición utilizando el lenguaje

de programación Python. El kit de herramientas viene con una serie de módulos prediseñados para el reconocimiento automático de voz y el procesamiento del lenguaje natural. [2].

B. Trabajos relacionados

Basados en la idea de que la representación de fonemas se puede compartir entre diferentes idiomas, en se aplicó el aprendizaje de transferencia para ASR, para los sistemas Gaussian Mixture Model - Hidden Markov Model (GMM-HMM), al modelado acústico usando el Alfabeto Fonético Internacional. [17] El transfer learning en ASR también fue utilizado en modelos híbrido de redes neuronales profundas y Modelos de Markov Ocultos [18]. En donde se demostró que las características aprendidas por los modelos de DNN eran tendían a ser independientes del modelo en las capas más bajas por lo que estas capas pueden ser compartidas por todos los idiomas [19]. El uso de modelos de ASR entrenados en un idioma para la construcción de nuevos modelos para otros idiomas utilizando NeMo ha demostrado dar buenos resultados para idiomas como alemán, español italiano y francés tal como se muestra en el trabajo Scribosermo[20].

III. CONTRIBUCIÓN

Este trabajo está dividido en dos etapas: (1) Entrenamiento de un modelo de ASR utilizando NeMo sin aplicar transfer learning, es decir un que se creará un modelo desde cero. (2) Entrenamiento de un modelo de ASR utilizando NeMo Aplicando Transfer Learning de un modelo previamente entrenado en inglés.

A. Corpus

Para el entrenamiento de ambos modelos se hará uso del corpus en español de Mozilla Common Voice en su versión 7.0 Este corpus cuenta con 683 horas de audio de las cuales 377 están validadas [21]. Los archivos de audio de este corpus se encuentran almacenados en formato mp3, sin embargo, NeMo requiere que los archivos de audio se encuentren en formato wav. Por lo que antes de su utilización es necesario realizar una conversión de los archivos. También la metainformación de los archivos como la transcripción entre otros se encuentra en formato de csv, mientras que NeMo requiere de una entrada en un formato similar al JSON, por lo que también aquí fue necesario hacer una conversión.

B. Arquitectura del Modelo

Para ambos modelos se utilizó la arquitectura QuartzNet que es un modelo acústico neuronal de extremo a extremo para ASR presentada en 2019. El modelo se compone de múltiples bloques con conexiones residuales entre ellos. Cada bloque consta de uno o más módulos con capas convolucionales. Según sus autores, el modelo generado con esta red logra una precisión casi de vanguardia en LibriSpeech y Wall Street Journal, y también demuestran que es capaz ajustarse de manera efectiva en nuevos conjuntos de datos.[22]. En la fig 1. Se puede apreciar la arquitectura de la red.

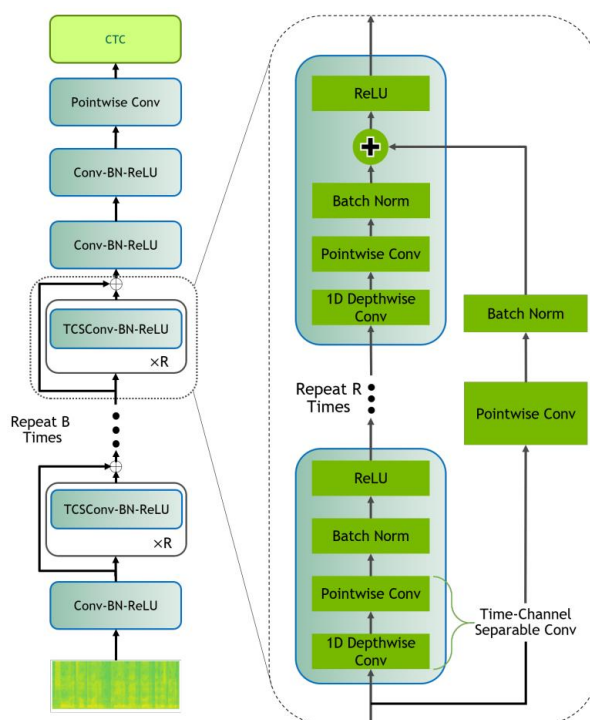


Figura 1. Arquitectura de Quartznet [22]

C. Validación de los modelos

Para validar los modelos resultantes se han seleccionado 10 archivos de audio de pertenecientes a la versión utilizada de Mozilla Common Voice. Los archivos fueron seleccionados de forma aleatoria. En la tabla I se muestran cuales son los archivos seleccionados con su respectiva transcripción. A estos archivos se les asigno un alias, para identificarlos con mayor simplicidad.

TABLA I ARCHIVOS DE AUDIO UTILIZADOS

<i>Archivo</i>	<i>Alias</i>	<i>Transcripción</i>
common_voice_es_19607133.wav	W01	una logia de los paises bajos todavia lleva su nombre
common_voice_es_19671270.wav	W02	la nave es de mamposteria caliza
common_voice_es_19958370.wav	W03	sitio oficial peixonautaulcombr
common_voice_es_20242223.wav	W04	en atraccion mediatica
common_voice_es_21773587.wav	W05	de hecho
common_voice_es_21879447.wav	W06	fortalecimiento institucional
common_voice_es_21962058.wav	W07	Seis
common_voice_es_21996988.wav	W08	No
common_voice_es_22036789.wav	W09	Siete
common_voice_es_22210664.wav	W10	marks inc

Como medida de validación se utilizará la tasa de error de palabra o WER (por sus siglas en inglés, Word Error Rate) la cual es una métrica utilizada en sistemas ASR [23]. Esta medida permite saber que tan distante es una palabra o frase de otra. Entre más alto es el valor más distante es la palabra y por lo tanto el error es más grande.

IV. RESULTADOS

A. Modelo sin Transfer Learning

Una vez realizado el entrenamiento y generado el modelo, se procedió a realizar inferencias sobre los archivos de validación. En la tabla II se puede apreciar que el modelo no es capaz de hacer una transcripción completamente correcta. El mejor resultado fue en W04 con un WER 0.667 en donde se puede apreciar que aunque la transcripción no es completamente correcta, todas las le tetras de la transcripción real aparecen en la transcripción realizada por el modelo en el mismo orden lo que puede resultar en que ambas frases suenen muy parecido.

TABLA II INFERENCIAS DEL MODELO SIN TRANSFER LEARNING

<i>Alias</i>	<i>Transcripción real</i>	<i>Transcripción hecha por el modelo</i>	<i>WER</i>
W01	una logia de los paises bajos todavia lleva su nombre	una logia elos pases bajostodabialleva sunombre	0.800
W02	la nave es de mamposteria caliza	lanade es deman poste riacalisa	0.833
W03	sitio oficial peixonautaulcombr	fitiofigial pecelata punto uol punto cn punto dere	2.667
W04	en atraccion mediatica	ena traccion mediatica	0.667
W05	de hecho	beecho	1.000
W06	fortalecimiento institucional	fostalecimentestictus ena	1.000
W07	seis	seia	1.000
W08	no	na	1.000
W09	siete	siepe	1.000
W10	marks inc	markx y en efeo	2.000

B. Modelo con Transfer Learning

Para el modelo generado utilizando transfer learning los resultados mejoraron significativamente ya que este modelo su fue capaz de realizar transcripciones perfectas de algunos de 6 de los 10 archivos como por ejemplo W02 en donde a pesar de ser una frase relativamente larga, en comparación a la mayoría de los archivos de prueba, su WER es de 0.

TABLA III INFERENCIAS DEL MODELO CON TRANSFER LEARNING

<i>Alias</i>	<i>Transcripción real</i>	<i>Transcripción hecha por el modelo</i>	<i>WER</i>
W01	una logia de los paises bajos todavia lleva su nombre	uno elogia e los paises bajos todavia lleva su nombre	0.300
W02	la nave es de mamposteria caliza	la nave es de mamposteria caliza	0.000
W03	sitio oficial peixonautaulcombr	sitio oficial petsolaauta pno olcon pn de erre	2.000
W04	en atraccion mediatica	en atraccion mediatica	0.000
W05	de hecho	de hecho	0.000
W06	fortalecimiento institucional	fortalecimiento institucional	0.000
W07	seis	sei	1.000
W08	no	no	0.000
W09	siete	siate	1.000
W10	marks inc	marx y nf	1.500

C. Comparando resultados

Al comparar el resultado de ambos modelos es posible notar una clara mejora en el modelo que utiliza transferencia de aprendizaje de otro lenguaje con respecto a un modelo que, entrenado completamente desde cero, tal como se muestra en la tabla IV. Aquí se puede notar que en la mayoría de las transcripciones hechas por el modelo con Transfer Learning tienen un WER menor que el otro modelo. Salvo en los casos de los archivos W07 y W09, en donde el WER, no obstante, en ningún caso el WER del modelo con Transfer Learning fue mayor que el modelo que no utiliza Transfer Learning.

TABLA IV INFERENCIAS DEL MODELO CON TRANSFER LEARNING

<i>Alias</i>	<i>NeMo</i>	<i>NeMo TL</i>
W01	0.800	0.300
W02	0.833	0.000
W03	2.667	2.000
W04	0.667	0.000
W05	1.000	0.000
W06	1.000	0.000
W07	1.000	1.000
W08	1.000	0.000
W09	1.000	1.000
W10	2.000	1.500

Por último, en la fig. 2 se representa de forma grafica la diferencia de en los errores de las inferencias realizadas por los dos modelos.

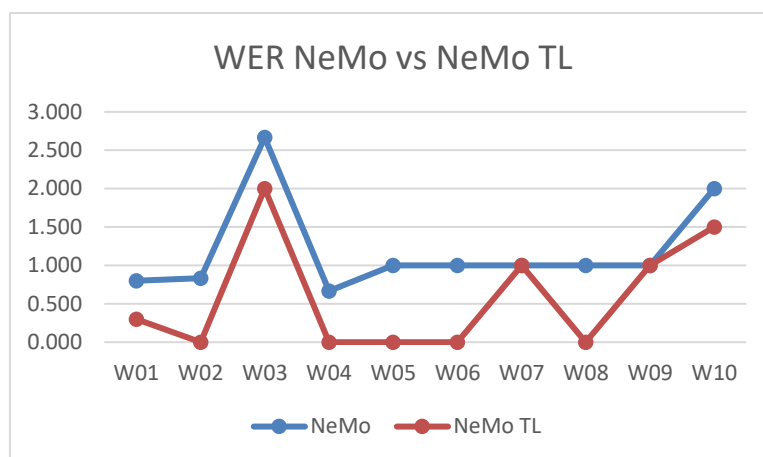


Figura 2. Comparación del WER de modelo entrenado con NeMo sin Transfer Learning y con Transfer Learning

V. CONCLUSIONES

Las redes neuronales han demostrado ser muy buenas en la generación de modelos de reconocimiento automático del discurso hablado, tal como QuartzNet ha demostrado en este trabajo, que haciendo uso de la transferencia de aprendizaje, puede sacar provecho de los modelos de ASR generados para un determinado idioma como el inglés y con poco entrenamiento generar un nuevo modelo de ASR para otro idioma diferente como el español, generando así un modelo capaz de reconocer con buena precisión las palabras o frases presentes en el discurso hablado. En los resultados se pudo apreciar que haciendo uso de la transferencia de aprendizaje se obtuvo un mejor resultado en el 90% de los casos y en los casos donde no se mejoró, el modelo tampoco empeoró

En este trabajo se utilizó el conjunto de audios del dataset de Mozilla Common Voice, concretamente la versión 7, sin embargo, este dataset está en constante actualización por lo que para futuros trabajos puede considerarse la utilización de una posible versión más actualizada del dataset y así tratar de conseguir un modelo entrenado con un mayor número de ejemplo de audios para que este pueda llegar a ser más preciso.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Yu y L. Deng, *Automatic Speech Recognition*, New York: Springer, London, 2015.
- [2] O. Kuchaiev, J. Li, H. Nguyen, O. Hrinchuk, R. Leary, B. Ginsburg, S. Krizan, S. Beliaev, V. Lavrukhin, J. Cook y others, «Nemo: a toolkit for building ai applications using neural modules,» *arXiv preprint arXiv:1909.09577*, 2019.
- [3] R. Ardila, M. Branson, K. Davis, M. Henretty, M. Kohler, J. Meyer, R. Morais, L. Saunders, F. M. Tyers y G. Weber, «Common voice: A massively-multilingual speech corpus,» *arXiv preprint arXiv:1912.06670*, 2019.
- [4] J. Huang, O. Kuchaiev, P. O'Neill, V. Lavrukhin, J. Li, A. Flores, G. Kucsko y B. Ginsburg, «Cross-language transfer learning, continuous learning, and domain adaptation for end-to-end automatic speech recognition,» *arXiv preprint arXiv:2005.04290*, 2020.
- [5] G. G. Chowdhury, «Natural language processing,» *Fundamentals of artificial intelligence*, pp. 603-649, 2020.
- [6] B.-H. Juang y L. R. Rabiner, «Automatic speech recognition - a brief history of the technology development,» *Georgia Institute of Technology. Atlanta Rutgers University and the University of California. Santa Barbara*, vol. 1, p. 67, 2005.
- [7] S. J. Arora y R. P. Singh, «Automatic speech recognition: a review,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 60, n° 9, pp. 34-44, 2012.
- [8] M. Benzeghiba, R. De Mori, O. Deroo, S. Dupont, T. Erbes, D. Juvet, L. Fissore, P. Laface, A. Mertins, C. Ris y others, «Automatic speech recognition and speech variability: A review,» *Speech communication*, vol. 49, n° 10-11, pp. 763-786, 2007.
- [9] D. Yu y L. Deng, «Gaussian mixture models,» de *Automatic Speech Recognition*, New York, Springer, London, 2015, pp. 13-21.
- [10] D. Yu y L. Deng, «Hidden Markov Models and the Variants,» de *Automatic Speech Recognition*, New York, Springer, London, 2015, pp. 23-54.
- [11] P. Senin, «Dynamic time warping algorithm review,» *Information and Computer Science Department University of Hawaii at Manoa Honolulu, USA*, pp. 1-23, 2009.
- [12] H. Allende, C. Morgan y R. Salas, «Artificial neural networks in time series forecasting: A comparative analysis,» *Kybernetika*, vol. 38, n° 6, pp. 685-707, 2002.
- [13] J. Wu y C. Chan, «Isolated word recognition by neural network models with cross-correlation coefficients for speech dynamics,» *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 15, n° 11, pp. 1174-1185, 1993.
- [14] L. Deng y X. Li, «Machine Learning Paradigms for Speech Recognition: An Overview,» *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 21, n° 5, pp. 1060-1089, 2013.
- [15] D. Amodei, S. Ananthanarayanan, R. Anubhai, J. Bai, E. Battenberg, C. Case, J. Casper, B. Catanzaro, Q. Cheng, G. Chen y others, «Deep speech 2: End-to-end speech recognition in english and mandarin,» *Proceedings of The 33rd International Conference on Machine Learning*, pp. 173-182, 2016.

- [16] A. Graves, A.-r. Mohamed y G. Hinton, «Speech recognition with deep recurrent neural networks,» *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 6645-6649, 2013.
- [17] O. Anderson, P. Dalsgaard y W. Barry, «On the use of data-driven clustering technique for identification of poly-and mono-phonemes for four European languages,» *Proceedings of ICASSP'94. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 1, pp. 1-121, 1994.
- [18] D. Wang y T. F. Zheng, «Transfer learning for speech and language processing,» *2015 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA)*, pp. 1225-1237, 2015.
- [19] J.-T. Huang, J. Li, D. Yu, L. Deng y Y. Gong, «Cross-language knowledge transfer using multilingual deep neural network with shared hidden layers,» *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 7304-7308, 2013.
- [20] D. Bermuth, A. Poeppel y W. Reif, «Scribosermo: Fast Speech-to-Text models for German and other Languages,» *arXiv preprint arXiv:2110.07982*, 2021.
- [21] «Common Voice Mozilla,» [En línea]. Available: <https://commonvoice.mozilla.org/es/datasets>. [Último acceso: 28 septiembre 2021].
- [22] S. Kriman, S. Beliaev, B. Ginsburg, J. Huang, O. Kuchaiev, V. Lavrukhin, R. a. L. J. Leary y Y. Zhang, «Quartznet: Deep automatic speech recognition with 1d time-channel separable convolutions,» *ICASSP 2020-2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pp. 6124-6128, 2019.
- [23] Y.-Y. a. A. a. C. C. Wang, «Is word error rate a good indicator for spoken language understanding accuracy,» *2003 IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding (IEEE Cat. No. 03EX721)*, pp. 577-582, 2003.

Estrategias de gamificación

Experiencia en el uso de aplicaciones móviles en museos

Gamification strategies

Experience in the use of mobile applications in museums

Luis Lujan-Vega
TecNM-Campus Delicias-UACH
lujanluis@gmail.com

Luis Alberto Lujan-Lopez
UACH-ESCOGRAF
Luis.alberto.lujan.lopez@gmail.com

Resumen — Es innegable que el futuro de los museos se encuentra en atraer al público joven, el cual se encuentra fuertemente motivado por el uso de aplicaciones móviles. Este artículo describe la percepción de satisfacción de los visitantes que utilizaron una aplicación móvil gamificada durante su recorrido en museos participantes en la ciudad de Chihuahua, México. Dicha aplicación, busca contribuir a la experiencia del visitante cuando realiza turismo cultural, usando dinámicas y mecánicas de juegos enfocadas al aprendizaje. Se realizó una prueba in situ en dos museos, con una muestra piloto de conveniencia de 60 personas que asistieron a dichos museos, a quienes se facilitó la descarga del software. La aplicación contiene diferentes juegos, y para resolverlos es necesario poner atención en el museo. Los usuarios probaron la aplicación lúdica después de visitar cada sección del museo, y al terminar su recorrido respondieron diez preguntas, con el objetivo de evaluar la experiencia obtenida. Los resultados mostraron que las personas aprendieron y se divirtieron con la aplicación móvil. Asimismo, se encontró que la edad no fue un factor determinante que afectara en la experiencia, puesto que quienes accedieron a descargar y utilizar la aplicación móvil estaban en un rango de los once hasta los setenta años. Se manifiesta la conveniencia de contar con aplicaciones similares, para atraer a un público juvenil, clave para el futuro de los museos.

Palabras clave; cultura; turismo; lúdico; móvil; museos; aprendizaje

Abstract — It is undeniable that the future of museums lies in attracting young audiences, which are strongly motivated by the use of mobile applications. This article describes the satisfaction perception of visitors who used a gamified mobile application during their tour of participating museums in the city of Chihuahua, Mexico. This application seeks to contribute to the visitor's experience when doing cultural tourism, using dynamics and game mechanics focused on learning. An on-site test was conducted in two museums, with a pilot convenience sample of 60 people who attended those museums, and were asked to download the software. The application contains five different games, and to solve them it is necessary to pay attention to the museum. Users tested the playful application after visiting each section of the museum, and at the end of their tour, they answered ten questions, with the aim of evaluating the experience obtained. The results showed that people learned and had fun with the mobile app. Likewise, it was found that age was not a determining factor that affected the experience, since those who agreed to download and use the mobile application were in a range of eleven to seventy years. The convenience of having similar applications is manifested, to attract a young audience, key to the future of museums

Keywords; culture; tourism; gamification; mobile; museums; learning

I. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

Es evidente que, con el paso del tiempo, la tecnología ha ido evolucionando en gran medida para cubrir necesidades, tareas y actividades diarias (Goshevski et al., 2017). Por lo tanto, es necesario que distintas los diferentes sectores y disciplinas se vayan adaptando, entre ellas la educación y el desarrollo cultural, no son la excepción. En ellas se busca emplear nuevas técnicas y métodos de aprendizaje con el fin de que los estudiantes tengan a su alcance múltiples herramientas que fortalezcan su proceso de enseñanza-aprendizaje (Woolfolk, 2010). Tal es el caso del envío de tareas o realizar preguntas a los profesores por medio de correos electrónicos o redes sociales, crear chats entre alumnos y maestros, buscar videos sobre algún tema específico, entre otros muchos ejemplos. Pero no todo se elimina, simplemente cambia su formato, tal es el caso de los juegos (Aldemir et al., 2018). Es bien sabido que por medio de éstos se puede aprender de una manera más rápida y divertida como se menciona en (Díaz & Troyano, 2013). Juegos como los crucigramas, memoramas, o rompecabezas, han evolucionado del papel a la era digital en forma de aplicaciones, particularmente móviles y mejorar la experiencia de aprendizaje en el aula (De-Marcos et al., 2015).

Por otra parte, a nivel mundial, en la búsqueda de fomentar la cultura en las grandes ciudades capitales como Londres o Tokio, son las que desde hace algunos cuantos años se han preocupado por ir mejorando las condiciones de sus museos al incorporar nuevas tecnologías para llamar la atención de los visitantes e interactuar con ellos; ya sea por medio de museos digitales a través de una página web, o bien, empleando realidad aumentada (Koshizuka & Sakamura, 2000; Patel, et al., 2005). Sin embargo, en cuanto a los museos Latinoamericanos y del Caribe, la Fundación ILAM realizó una encuesta con el fin de indagar la relación entre la tecnología aplicada en los museos y sobre todo la presencia de ellos en la Web. Sus resultados confirman una falta de interés por parte de los museos de esforzarse por dar acceso, o en mantener una oferta equilibrada entre los diversos servicios posibles y esperables por parte del público virtual. Ya fueran exposiciones temporales adaptadas a una versión Web, recorridos virtuales y en 360°, condiciones para el uso por parte del público de dispositivos electrónicos y de recursos descargables desde el sitio web o canales de distribución, entre otros (Tsagaraki, 2011).

Tratando de unir ambos contextos, el educativo y el cultural, se encontraron dos casos, que se describen a continuación y que sirven como antecedente para el proyecto aquí descrito. En Filipinas se detectó la oportunidad de recurrir a los juegos en forma de aplicaciones móviles para fomentar la historia sobre su nación. El objetivo fue ir más allá de juegos que proporcionaban puramente entretenimiento y obtener conocimientos y valores educativos. Para lo cual se desarrolló una aplicación móvil exclusiva del sistema operativo Android con la finalidad de que los usuarios aprendan sobre las batallas que tuvieron mayor impacto en dicho país usando un ambiente emulado con las herramientas Unity 3D y Blender (Evale et al., 2015).

En Colombia, se desarrolló una aplicación lúdica para un museo local, con el objetivo de demostrar que el recorrido de los visitantes puede ser una experiencia dinámica e interactiva. Esto permitió probar que un juego tiene un impacto positivo en ellos, como resultado de emplear la gamificación a entornos de educación, entrenamiento, y demás ambientes de aprendizaje. Se creó un juego de seguimiento de pistas donde los comentarios del guía son parte clave para resolver las misiones y adivinar la pieza correspondiente en cada sala del museo. Se escanean los códigos QR encontrados para ver una página con más información sobre dicha pieza.

De igual manera en México, específicamente en la ciudad de Chihuahua se puede ver el caso de los museos locales «Centro Cultural Universitario Quinta Gameros» y «Casa Chihuahua», donde no se emplean recursos tecnológicos para atraer visitantes, en particular dirigidos al sector más joven de la población. Ambos museos cuentan con sus respectivas páginas web, Casa Chihuahua maneja códigos QR para complementar la información, pero no parecen ser lo suficientemente llamativos y no son usados por la mayoría de los visitantes. En el caso de la Quinta Gameros, cuentan con un recorrido digital donde, entre otras cosas, se usa realidad aumentada (RA). Sin embargo, esta herramienta no se encuentra siempre disponible ya que debe ser solicitado previamente, por lo tanto, si los turistas no ingresan al sitio web de dicho museo, no sabrán que existe y se perderán de una interesante experiencia (Casa Chihuahua, 2015; Quinta Gameros, 2016).

Es a partir de este antecedente que este estudio analiza la percepción de satisfacción de los visitantes que utilizaron una aplicación móvil gamificada durante su recorrido en los museos participantes en la ciudad de Chihuahua.

A. *Fundamentación teórica*

Es necesario definir diferentes conceptos asociados a este trabajo, como ¿qué es una aplicación móvil?, como toda aplicación informática diseñada para ser ejecutada en teléfonos inteligentes, tabletas, y otros dispositivos móviles, existiendo versiones gratuitas y para su compra (Santiago et al., 2015). En el trabajo de Darejeh, A. & Salim, S. (2013), recalcan que la tecnología móvil, como los teléfonos inteligentes y las tabletas, está jugando un papel cada vez más importante en la vida académica, tanto dentro como fuera de las aulas. La comodidad, la flexibilidad, el compromiso y la interactividad son factores que hacen que el aprendizaje móvil sea más atractivo para los involucrados. Pero a pesar de que muchos estudiantes cuentan con teléfonos inteligentes y tabletas, no son tantos los docentes que están preparados para integrar las tecnologías móviles en el aprendizaje, dado que la mayoría de las oportunidades de desarrollo profesional no se centran en ellas. Parte de esto se puede apreciar en la investigación de la Calle Carracedo (2017), donde se explica que fue una sorpresa encontrar que gran parte de los futuros maestros de educación primaria encuestados desconocían la existencia de aplicaciones que pueden ser usadas en el ámbito educacional, sobre todo porque al ser considerados nativos digitales, se presume que tienen conocimiento de todas las posibilidades de manejo de dispositivos móviles.

En Vázquez (2014) señala que la característica más importante de las nuevas tecnologías de telefonía móvil en el área de la educación ocurre cuando, debido a su naturaleza portátil y su capacidad para promover métodos de aprendizaje adicionales, el aprendizaje continúa más allá del salón de clases. Las aplicaciones reducen los programas que alguna vez estuvieron disponibles sólo para computadoras de escritorio, en versiones que pueden utilizarse en teléfonos inteligentes y dispositivos móviles. Tal es el caso de las redes sociales colaborativas, como Facebook y Twitter, a las que pueden acceder los estudiantes mediante sus celulares y les permiten formar grupos para distribuir y compartir sus conocimientos fácilmente, resultando en un aprendizaje colaborativo más exitoso.

B. *Gamificación*

Este concepto se explica como el uso de elementos de diseño de juegos en contextos diferentes a los tradicionalmente lúdicos (Groh, 2012). Siendo esta definición demasiado ambigua, es necesario precisar aún más: la gamificación se presenta como el proceso de utilizar dinámicas de juegos en diferentes ámbitos empleando logros motivaciones asequibles, con el fin de apelar a la concentración, el esfuerzo, y otros resultados de comportamiento de las personas en las actividades (Romero-Rodríguez et al., 2017; Borrero et al., 2015). La gamificación no es simplemente usar videojuegos en el salón de clases, es emplear mecánicas asociadas a éstos para presentar a quien desea aprender una serie de retos de aprendizaje (Deterding et al., 2011). De tal forma que, al cumplirlos, generará una recompensa a corto plazo dimensionada a la complejidad del reto, e inclusive pudiera suceder que no hubiera algún tipo de tecnología involucrada para que funcione correctamente.

Sobre si la gamificación en verdad funciona y cumple con su descripción, se podría decir que sí, pero existen algunas advertencias (Hägglund, 2012). En la mayoría de los estudios revisados se produjeron efectos / resultados positivos de la gamificación. Sin embargo, la mayoría de los estudios cuantitativos concluyeron que los efectos positivos sólo existen en parte de las relaciones consideradas entre los elementos de gamificación y los resultados estudiados (Romero-Rodríguez et al., 2017)

C. *La gamificación y su relación con las aplicaciones móviles y aprendizaje*

Muchas empresas pequeñas se enfrentan a un desafío cuando se trata de atraer a empleados más jóvenes. Tal como indica (Osipov et al., 2017), la mayoría de las plataformas comerciales basadas en la nube incorporan aplicaciones móviles para que los usuarios puedan mantenerse actualizados cuando se encuentran fuera de la oficina (Yildirim, 2013) o que tienen un enfoque para obtener o mejorar competencias y destrezas asociadas a grandes áreas de conocimiento o temas (López et al., 2016). Por su parte, Sailer et al., (2017) dice que la gamificación de aplicaciones es a menudo una forma segura de no solo atraer personas a una aplicación, sino también de garantizar que regresen a ella una y otra vez puesto que debes captar la atención de las personas y darles tanto la motivación como los medios para realizar cualquier acción que se desea que hagan, proveyendo este uso recreativo un camino sencillo para fomentar ese tipo de compromiso.

Además, el hecho de que los juegos sea la categoría más grande (Espinosa, 2016), con un alto nivel de participación de usuarios móviles, y el mayor impulsor de ingresos en las tiendas de aplicaciones en todo el mundo (Hanson-Smith, 2016), no es de extrañar que otras empresas de aplicaciones quieran adoptar ciertas

técnicas y elementos gamificados para aumentar sus tasas de retención de usuarios (Kyewski, E., & Krämer, N., 2018), lo cual coincide con el objetivo de cualquier tipo de organización, como pueden ser las culturales, de aumentar y retener a una audiencia con características e intereses orientados a la obtención de experiencias lúdicas y participativas, a través del uso de tecnologías (van der Meer, 2018), teniendo a la interactividad, gráficos, narración, recompensas, competitividad, entornos virtuales o la idea misma de ganar, las cuales son rasgos comunes en muchas aplicaciones gamificadas (Taspinar et al., 2016). Por otro lado hay estudios que demuestran que esos rasgos en las aplicaciones gamificadas avivan el apetito de las personas por el compromiso, las estimulan y les permiten establecer conexiones más fuertes con el mundo que las rodea (Hamari, J., Koivisto, J. & Sarsa, H., 2014).

En el trabajo de investigación de Vargas, Gómez y Gómez, (2013), se expone que el aprendizaje móvil proporciona distintas ventajas como: mayor flexibilidad para aprender en el momento y lugar deseados, personalizar las experiencias de aprendizaje, desarrollo o fortalecimiento de nuestras habilidades profesionales, así como una mayor efectividad del aprendizaje al estar promoviendo una atención activa.

En sus conclusiones se establece que el uso de estos dispositivos móviles y la aplicación de herramientas derivadas, llevadas a tareas de aprendizaje, proporcionan una experiencia educativa atractiva y actualizada, cómoda para la mayoría de quienes desean aprender (Chu, C. & C. H. Hung, 2016). En este caso, el contexto de aprendizaje se enriquece con elementos interactivos y colaborativos, que facilitan la participación activa del estudiante, ya que le hacen responsable de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje, haciéndolo una experiencia autónoma y vivencial (Pechenkina, 2017), así como también concuerda Osipov et al. (2017) que esos aspectos son referencia para el diseño de diversas aplicaciones y buscan dar respuesta a cada una de las necesidades del usuario, a fin de que la experiencia al interactuar con las mismas, le propicie un aprendizaje efectivo.

En cuanto al aspecto de gamificación, el trabajo de Zepeda et al. (2016) menciona un mejor ánimo en los participantes al evaluar el curso mediante actividades y acumulación de puntos, también se fomentó una actitud que favoreció la interacción social al apoyarse mutuamente para resolver las actividades y compartir conocimientos, lo cual se reflejó en un incremento en el rendimiento escolar. Este aprendizaje implica, más que otro tipo de educación, una decisión individual de querer aprender, en un esquema de motivación, animación y entretenimiento por el uso de juegos digitales, lo cual implica ir aprendiendo a través de pistas, resolviendo acertijos y logrando liberar información a través de claves, y en ocasiones siguiendo una historia contada poco a poco (Alhammad, M. & Moreno A., 2018)

II. METODOLOGÍA

A. Limitaciones

Se tuvo que desistir en el desarrollo de la aplicación para la plataforma Apple, ya que, para ello, era necesario adquirir una licencia de desarrollador, fuera del alcance de esta investigación. Los visitantes de los ya mencionados museos se vieron renuentes a instalar la aplicación en sus dispositivos y quienes accedieron a instalarla tardaban una cantidad de tiempo considerable que afectaba la culminación del proyecto. Por lo que se optó por omitir la propuesta de instalación y en su lugar mostrarles directamente la aplicación mediante dos teléfonos inteligentes propios que ya contaban con la misma, perdiéndose la oportunidad de obtener más participantes.

B. Instrumento

Para evaluar la satisfacción de los visitantes que participaron, se les aplicó un cuestionario que constó de diez preguntas, que incluía los siguientes aspectos:

Datos demográficos: sexo y edad.

Diseño de la aplicación:

1. Nivel de interactividad de la aplicación (escala: alta, medio, nulo)
2. Opciones de juegos más favorecidas (Borrador, Linterna, Rompecabezas, Ahorcado, Emparejar)
3. Posibles cambios a la herramienta: (colores, imágenes, tipo de letra, agregar más juegos, cambiar los juegos, nada, otros)

Aprendizaje y experiencia obtenida

1. Aprendió algo con ayuda de la aplicación (Si, No)
2. Los juegos facilitan el aprendizaje (Si, No, por qué)
3. ¿Considera que las aplicaciones son una buena herramienta para que los jóvenes visiten más lugares históricos como museos? (Si, No, por qué)
4. Los museos deben contar con aplicaciones de este tipo (Si, No, Por qué)
5. Aplicación es fácil de usar (Si, No)

Descripción de la secuencia de tareas llevadas a cabo para el desarrollo del proyecto, en relación a la aplicación móvil

1. Visitar distintos museos ubicados en el centro de la ciudad de Chihuahua y hablar con los encargados sobre el proyecto para saber si desean ayudar y participar en él. El museo Quinta Gameros requirió un documento dirigido al jefe del departamento de difusión cultural.
2. Solicitar a los museos datos históricos, fechas, etc. que fueran relevantes para el desarrollo de la aplicación correspondiente a cada uno. En esta fase, ambos museos compartieron la dirección de sus sitios web que es donde se encuentra toda la información utilizada en la aplicación.
3. Diseñar los prototipos, en papel, las pantallas de la aplicación, botones, texto, e ideas para los juegos con la información proporcionada por los museos.
4. Utilizar la herramienta AXURE para hacer el prototipo de la aplicación. Se emplean imágenes de los sitios de los museos.
5. Buscar documentación y tutoriales sobre el lenguaje LUA, así como imágenes ilustrativas de los museos, iconos para los botones, y se solicitan el logo y los dibujos de la pantalla principal a una estudiante de Artes Visuales.
6. Con base en el prototipo creado, desarrollar la aplicación móvil con Corona SDK.
7. Instalar la aplicación en diferentes teléfonos inteligentes para verificar que funcione correctamente.
8. Redactar diez preguntas que servirán para recabar la opinión de los usuarios que interactúen con la aplicación.
9. Crear una cuenta, realizar el pago pertinente y seguir los pasos para subir con éxito la aplicación a la Playstore.
10. Acudir de nueva cuenta a los museos para acordar una fecha en que se pudiera ir a probar la aplicación y aplicar la encuesta a los visitantes.
11. Ir a los museos e invitar a las personas que se encuentren ahí a usar la aplicación y contestar la encuesta

III. RESULTADOS

La descripción de la muestra obtenida quedó como sigue, de acuerdo a los datos demográficos de los participantes:

1. Sexo: 40 mujeres; 20 hombres
2. Edad, por rangos:
3. Entre 10-19 años: 17; entre 20-29 años: 19; entre 30-39 años: 18; entre 40-49 años: 2; entre 50-59 años: 2; entre 60-69 años: 1 y entre 70-79 años: 1.

A continuación, se describen algunos resultados de la aplicación del instrumento evaluador de la experiencia, respecto de:

A. Nivel de interactividad

85% de la muestra lo percibió como bastante interactivo, solamente un 15% lo percibió como medianamente interactivo. La preferencia de los juegos fue:

1. Ahorcado
2. Linterna y Rompecabezas (empate)
3. Borrador

4. Emparejar

B. Diseño de la aplicación

Así como de posibles cambios a la aplicación: la elección con más votos fue la de agregar más juegos, seguida por ningún cambio. Aunque si se sugieren mejoras al diseño respecto del uso de colores y tipografía.

C. Referente a la experiencia y aprendizaje obtenidos

La totalidad de encuestados coinciden en la misma respuesta y están de acuerdo en que los juegos facilitan el aprendizaje, y además es una buena herramienta para fomentar en los jóvenes la visita a los museos. Lo anterior puede interpretarse como una aceptación en la forma de interactuar para lograr el aprendizaje, además de que nuevamente todos los encuestados respondieron haber aprendido algo con la ayuda de la aplicación.

Es importante señalar que algunas de las preguntas contaban con la opción de responder de manera abierta, por esta razón se despliega las siguientes tablas con las respuestas transcritas que proporcionaron. Cabe mencionar que no todos contestaron, pero se obtuvo una buena colaboración de la mayoría.

En la Tabla 1 se enlistan las opiniones expresadas respecto a los motivos que favorecen el aprendizaje.

TABLA 1. PORQUE SE FACILITA EL APRENDIZAJE.

Es interesante	Agilizan la mente
Activan mejor el cerebro	Aprendes divirtiéndote
Lo ponen a pensar cuál es la respuesta correcta	Se memoriza mejor
Ayudan a aprender a la cultura	Porque hace más divertido el aprendizaje/más sencillo
Soy psicóloga y sé que ello produce aprendizajes significativos	Es una nueva forma de aprender
El aprendizaje lúdico es significativo	Porque son atractivas y así facilita más el interés
Es más fácil recordar la información	Porque uno como este da a conocer datos que no todos o todas sabemos
Porque al ser llamativos te lo aprendes fácilmente	Hacen dinámico el aprendizaje
Porque se aprende más divirtiéndose	Te divierten y aprendes de la historia
Porque te diviertes y aprendes	Es más divertido
Son didácticos, pero poco dinámicos, se pueden mejorar	Es más sencillo recordar la información

En la Tabla 2, se muestran las respuestas obtenidas respecto de los motivos que ayudan a que los jóvenes visiten más este tipo de lugares, haciendo uso de aplicaciones lúdicas.

TABLA 2. PORQUÉ AYUDAN A QUE LOS JÓVENES VISITEN LUGARES HISTÓRICOS Y LOS MUSEOS DEBERÍAN TENER ESTE TIPO DE APLICACIONES.

Apoyan el conocimiento	Es más atractivo
Los jóvenes ya utilizan los celulares como parte de su vida	Captan atención y meten curiosidad
Para que estén informados e interesados en la cultura	Llaman la atención
Dan información	Interactúan en él
Llama su atención para que los visiten físicamente	A cualquier edad la pueden utilizar
Llama su atención	Una forma más interactiva
A veces porque si no se la pasan en él y se olvidan de observar	Se enteran e informan más
Les llamaría más la atención	Porque al obtener un poco más de datos genera interés y curiosidad
Es una manera interactiva de que aprenda	Por la facilidad de utilizar la tecnología
Son más cercanas a ellos	Aprender mejor sobre la historia
Es más apegado a sus usos	Les fomenta el interés en lugares que usualmente no se visitan
Porque dejarían el diablo (celular)	Los hacen más atractivos
Las nuevas generaciones buscan apps y si hay de cultura	Los hace atractivos y actuales
Porque se mezclan la tecnología con lo cultural	Es lo de hoy
Son más fáciles de usar para ellos	Es más atractiva
Llama mucho la atención	Por la publicidad que se da
Los jóvenes ya utilizan los celulares como parte de su vida	El aprendizaje sería mejorado
Más tecnología, más modernos	Para aprender más acerca de los mismos
Es más interactivo	Estaría interesante no solo leer

D. Diseño de la aplicación móvil

En la siguiente imagen se observa la estructura jerárquica de las interfaces lúdicas, donde el usuario en cada una de ellas tiene la oportunidad de demostrar lo aprendido en el museo jugando diferentes actividades, como se comentan a continuación

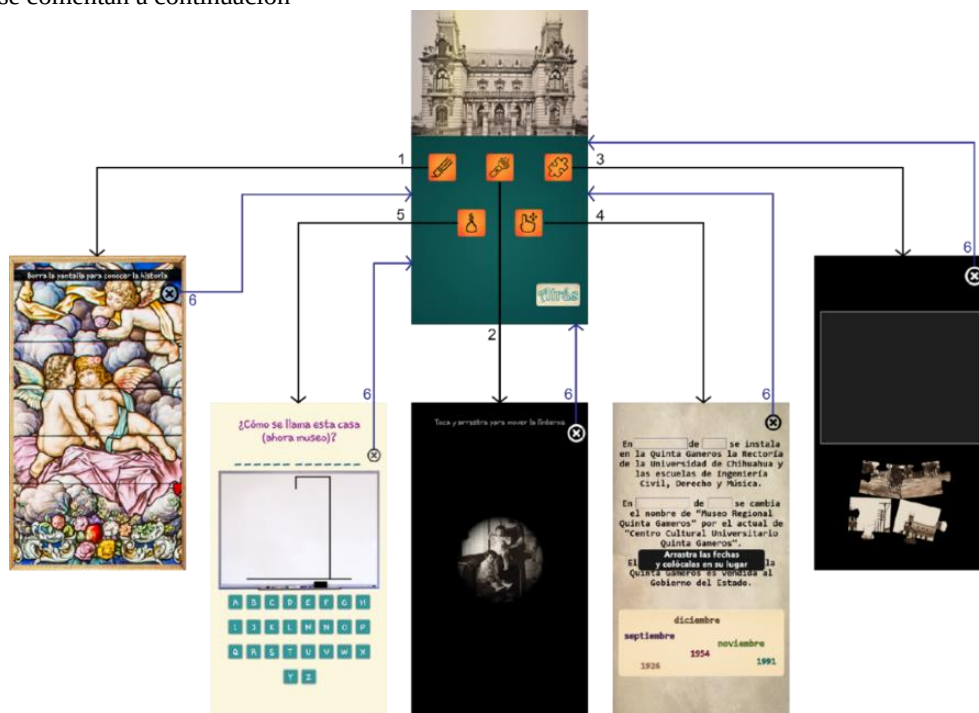


Figura 1: Estructura y forma de las interfaces de la aplicación gamificada

En esencia, las pantallas de los museos Casa Chihuahua y Quinta Gameros son iguales a excepción de la información presentada de cada museo, dentro del menú de cada uno están cinco botones que llevan a un juego distinto, tal como se ve en la Ilustración, el primero es un borrador (1) que, como su nombre lo indica, permite borrar la pantalla para revelar una imagen debajo de la anterior, el segundo botón (2) abre una pantalla negra donde se tiene que mover una especie de linterna para ver el contenido, en tercer lugar (3) se encuentra un rompecabezas de cuatro piezas que al finalizar despliega información del mismo, también se puede jugar a emparejar las fechas (4) arrastrándolas al lugar correspondiente, el último juego es un ahorcado (5) con cuatro preguntas sobre el museo, después de responder correctamente una pregunta aparece un botón para avanzar a la siguiente (I) y al contestar la última pregunta sale un botón para reiniciar el juego (II) y comenzar desde la pregunta uno.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Respecto de los resultados obtenidos en el aprendizaje y experiencia de uso de la aplicación, coinciden favorablemente con los trabajos de Vagas, Gómez y Gómez (2013), donde se establecen las ventajas de aprender en el momento y lugar deseados, en este caso durante la visita al museo, así como de promover una atención activa, ya que esto permite responder correctamente a los juegos presentados en la aplicación, haciendo de esta una experiencia autónoma y vivencial. Ya que la totalidad de los encuestados respondió favorablemente al evaluar la experiencia de aprendizaje obtenida.

Por otra parte, en comparación con el trabajo de Zepeda, Abascal, y López (2016) es evidente, a través de los comentarios expresados, el buen ánimo de los participantes, al evaluar la aplicación con los juegos interactivos y muy probablemente, la interacción que se dio entre los miembros de un mismo grupo, al lograr resolver de manera conjunta los retos planteados.

A partir de los hallazgos encontrados, es razonable establecer que una aplicación móvil gamificada ayuda a fomentar las visitas a un museo, al lograr utilizar de una forma entretenida y fácil la información que se proporciona en los lugares visitados. Concluyendo que las personas están abiertas al uso de aplicaciones

gamificadas dentro de entornos de aprendizaje diferentes al tradicional salón de clase; como lo pueden ser museos y sitios históricos-turísticos, ya que de esta forma se facilita el aprendizaje al hacerlo más dinámico y atractivo.

Especialmente entre los jóvenes que emplean los dispositivos móviles como parte de su vida diaria, esta es una herramienta que despierta su interés y ayudaría a incentivar sus visitas a museos y otros sitios afines, que les permitan adquirir conocimiento de manera interactiva por medio de juegos. Pero cabe destacar que no sólo los más jóvenes mostraron curiosidad por probar la aplicación, la mayoría de los encuestados resultaron rondar entre los 20 y 39 años de edad (adultos jóvenes) y el 100% de los participantes estuvo de acuerdo en que los juegos facilitan el aprendizaje, así que no importa tanto la edad si no el proceso con el que te cultivas, y los juegos son divertidos. El hecho de que todas las personas aprendieran algo con ayuda de la aplicación y el 98% dijera que fue fácil de usar, indica que cumplió con su objetivo de enseñanza-aprendizaje por medio de la gamificación.

II. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aldemir, T., Celik, B., & Kaplan, G. (2018). A qualitative investigation of student perceptions of game elements in a gamified course. *Computers in Human Behavior*, 78(1), 235–254. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.001>
- [2] Alhammad, M. & Moreno A. (2018). Gamification in software engineering education: A systematic mapping. *J. Syst. Software*, 141(1), 131-150. <https://doi.org/10.1016/J.JSS.2018.03.065>
- [3] Borrero, F., Sanjuán, P. C., & Ramírez, G. (2015). Gamification techniques in tourism, application test, Casa Mosquera. *Sistemas & Telemática*, XIII(33), 63-76. <https://bit.ly/3BTYP6c>
- [4] Chu, C. & C. H. Hung. (2016). Effects of the Digital Game-Development Approach on Elementary School Students' Learning Motivation, Problem Solving, and Learning Achievement. *International Journal of Distance Education Technologies (IJDET)*, 13(1), 87-102. <https://doi.org/10.4018/ijdet.2015010105>
- [5] Darejeh, A. & Salim, S.S. (2013). Gamify employee collaboration - A critical review of gamification elements in social software. *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, 32(8), 613-642. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.139>
- [6] de la Calle Carracedo, M. (2017). Aplicaciones (apps) para la enseñanza de la geografía. una experiencia mobile learning en la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Didáctica Geográfica* (18), 69-89. <https://bit.ly/3ibN7Cs>
- [7] De-Marcos, L., Garcia-Lopez, E., & Garcia-Cabot, A. (2015). On the effectiveness of game-like and social approaches in learning: Comparing educational gaming, gamification and social networking. *Computers & Education*, 95(1), 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.008>
- [8] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: envisioning future media environments*, 9-15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- [9] Espinosa, R. (2016). Juegos digitales y gamificación aplicados en el ámbito de la educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19(2), 27-33. <https://doi.org/10.5944/ried.19.2.16143>
- [10] Díaz, J., & Troyano, Y. (2013). El potencial de la gamificación aplicado al ámbito educativo. En *III Jornadas de Innovación Docente. Innovación Educativa: respuesta en tiempos de incertidumbre* Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias de la Educación. <https://bit.ly/3BSKs8u>
- [11] Evale, D., Bernardino, I., & Sayco, J. (2015). Android Game Development: A New Approach for Promoting Philippine History and Culture. *International Journal of Research in Information Technology*, 3(5), 141-148. <https://bit.ly/378dCCm>
- [12] Goshevski, D., Veljanoska, J. & Hatzia Apostolou, H. (2017). A review of gamification platforms for higher education. *ACM Int. Conf. Proceeding Ser*, vol. Part F1309(17), 1-6. <https://doi.org/10.1145/3136273.3136299>
- [13] Groh, F. (2012). Gamification: State of the art definition and utilization. *Institute of Media Informatics Ulm University*, 39. <https://bit.ly/2V1WWV9>
- [14] Hägglund, P. (2012). Digitala Vetenskapliga Arkivet. *Scandinavian Journal of Management*, 28(3), 265-266. <https://bit.ly/2V1KQwpz>
- [15] Hamari, J., Koivisto, J. & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? — A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*. Waikoloa, HI, USA: iee. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- [16] Hanson-Smith, E. (2016). Games, Gaming, and Gamification: Some Aspects of Motivation. *TESOL Journal*, 7(1), 227-232. <https://doi.org/10.1002/tesj.233>
- [17] Koshizuka, N., & Sakamura, K. (2000). Tokyo University Digital Museum. *Proceedings 2000 Kyoto International Conference on Digital Libraries: Research and Practice*, 85-92. <https://bit.ly/3yeEMTR>
- [18] Kyewski, E., & Krämer, N. C. (2018). To gamify or not to gamify? An experimental field study of the influence of badges on motivation, activity, and performance in an online learning course. *Computers and Education*, 118(1), 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.006>
- [19] López, C., Benedito, V. & León, M. (2016). El Enfoque de Competencias en la Formación Universitaria y su Impacto en la Evaluación, la Perspectiva de un Grupo de Profesionales Expertos en Pedagogía. *Formación Universitaria*, 9(4), 11-22. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000400003>
- [20] Osipov, I. V., Nikulchev, E., Volinsky, A. A., & Prasikova, A. Y. (2017). Study of Gamification Effectiveness in Online e-Learning Systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 6(2). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2015.060211>
- [21] Patel, M., White, M., Mourkoussis, N., Walczak, K., Wojciechowski, R., & Chmielewski, J. (2005). Metadata Requirements for Digital Museum Environments. *International Journal on Digital Libraries*, 5(3), 179-192. <https://bit.ly/3j0wDMx>
- [22] Pechenkina, E. (2017). Developing a typology of mobile apps in higher education: A national case-study. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(4), 134-146. <https://bit.ly/3j3n2Vc>
- [23] Quinta Gameros. (2016). La centenario más viva que nunca. Centro Cultural universitario Quinta Gameros. <https://bit.ly/3xagt8w>

- [24] Romero-Rodríguez, Luis-Miguel; Torres-Toukourmidis, Ángel & Aguaded, Ignacio. (2017). Ludificación y educación para la ciudadanía. Revisión de las experiencias significativas. *Educar*, 53(1), 109-128. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.846>
- [25] Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (19 de Junio de 2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69(1), 371–380. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- [26] Santiago, R., Trinaldo, S., Kamijo, M., & Fernández, Á. (2015). Capítulo 1: Aplicaciones para m-learning: aplicaciones nativas vs. aplicaciones basadas en la web. En *Mobile Learning: Nuevas realidades en el aula*. Grupo Oceano.
- [27] Taspinar, B., Schmidt, W., & Schuhbauer. (2016). Gamification in Education: A Board Game Approach to Knowledge Acquisition. *Procedia Computer Science*, 99(1), 101–116. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.104>
- [28] Tsagaraki, C. (2011). Protegiendo el patrimonio latinoamericano. Fundación ILAM. <https://bit.ly/3lbgYNg>
- [29] van der Meer, A. (2018). Build something awesome. The Startup. <https://bit.ly/3zRjJXQ>
- [30] Vargas, L., Gómez, R., & Gómez, M. G. (2013). Desarrollo de habilidades cognitivas y tecnológicas con aprendizaje móvil. *Revista de Investigación Educativa de la Escuela de Graduados en Educación*, 3(6), 1-10. <https://bit.ly/3DrrMgJ>
- [31] Vázquez, E. (2014). Mobile Distance Learning with Smartphones and Apps in Higher Education. *Educational Sciences: Theory and Practice*, XIV(4), 1505-1520. <https://bit.ly/3fbunAV>
- [32] Woolfolk, A. (2010). Motivación para el aprendizaje y la enseñanza. En A. Woolfolk, *Psicología Educativa* (Decimoprimer ed., págs. 374-378). Ohio, Estados Unidos: Prentice Hall. <https://bit.ly/3BUa5FW>
- [33] Yildirim, I. (2013). The effects of gamification-based teaching practices on student achievement and students' attitudes toward lessons. *The Internet and Higher Education*, 33(1), 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2017.02.002>
- [34] Zepeda, S., Abascal, R., & López, E. (2016). Integración de gamificación y aprendizaje activo en el aula. *Ra Ximhai*, 12(6), 315-325. <https://bit.ly/3BWfcdI>
- [35] CA: University Science, 1989.

Simulación del proceso de recarga para Aguas Subterráneas utilizando Redes Neuronales Artificiales como Método de Aproximación en el Acuífero Las Sierras, Nicaragua

Simulation of the recharge process for Groundwater using Artificial Neural Networks as an Approximation Method in the Las Sierras Aquifer, Nicaragua

Carlos R. Chévez, Freydell Pinell
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
Dirección General de Recursos Hídricos
Nicaragua
crlstrbrt90@gmail.com
pinellfreydell@gmail.com

Alvaro Antonio Mejia Quiroz
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua
FAREM Carazo
Docente del Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud
Nicaragua
amejia@unan.edu.ni

Resumen — El conocimiento de la funcionalidad de un sistema hidrogeológico es de vital importancia para su gestión y conservación. Una de las variables y entrada principal que alimenta al sistema es la Recarga Potencial (Rp) producto de la precipitación (P). La finalidad del presente trabajo es el diseño de un modelo regresor usando Redes Neuronales Artificiales (RNA). Para lo anterior, se utilizó los datos recolectados por el INETER para estimar la Rp usando las variables de entrada como: precipitación (P), texturas de suelo y demás variables ambientales en el Acuífero ubicado en Managua. Con la información recopilada, se procedió a la exploración de datos o ‘Data mining’ por medio de la estadística descriptiva, la cual permite presentar, interpretar y analizar los datos de forma comprensiva. Usando el lenguaje de programación Python [1] y el entorno de trabajo JupyterLab, se procedió a desarrollar los elementos de la RNA a través de la librería Scikit -Learn o mejor conocida como Sklearn [2]. Posterior a las iteraciones y arreglos de los Hiperparámetros de la RNA, se logró un mejor ajuste usando la función de coste o ‘cost function’, la cual determina el error entre el valor estimado y el observado. Finalmente, se indican las configuraciones finales del modelo regresor para cada una de las texturas en la zona.

Palabras clave; Hidrogeología, Redes Neuronales Artificiales (RNA), Aprendizaje Automatizado (AA).

Abstract — The knowledge of hydrogeological system functionality, is a vital importance for its management and sustainable development. One of the variables and main input it feeds this system is Recharge (R) product of precipitation (P). The purpose of this study is desing a Reguesor Model using Artificial Neural Networks (ANN). For the above, with INETER data collected, it was estimate R using input variables for instance: precipitation (P), soil textures and other known environmental variables in Managua Aquifer. With the information collected,

data exploration or 'Data mining' was carried out through descriptive statistics, which allows presenting, interpreting and analyzing the data in a comprehensive way. Using the Python programming language [1] and the JupyterLab work environment, the ANN elements were developed through the Scikit-Learn library or better known as Sklearn [2]. After the iterations and settings of hyperparameters, a better fit will be improved using the cost function, which determines the error between the estimated value and the observed value, in order to optimize the parameters of ANN. At the end, the final configurations of ANN are indicated for each soil texture.

Keywords; *Hydrogeology, Artificial Neural Networks (ANN), Machine Learning (ML).*

I. INTRODUCCIÓN

Los avances en el modelado informático, la potencia informática y el procesamiento de la información, han dado como resultado herramientas prácticas y mejoradas para comprender mejor los sistemas naturales altamente complejos. Se ha centrado una gran cantidad de trabajo en la aplicabilidad de los métodos de Aprendizaje Automático (AA) en la ciencia de la hidrología [3] e hidrogeología [4]; sin embargo, no se utiliza una técnica única, ya que los datos y el escenario disponible determinarán el método más adecuado para un problema en cuestión [5]. Los enfoques basados en el AA y en el modelado hidrológico son un área importante de investigación. Estos modelos son más adecuados para estudios de recursos hídricos que los modelos físicos [6]. Los métodos más comunes para la predicción de los recursos de agua subterránea son la Red Neuronal Artificial (RNA) [5].

En Nicaragua, la principal fuente de abastecimiento de agua potable es el agua subterránea, representando el 70% [7]. No obstante, son unas de las fuentes poco estudiadas en Nicaragua y en Centroamérica; por ello se ha desarrollado a través de los años nuevas tecnologías de investigación que promuevan una adecuada gestión de los recursos hídricos, contribuyendo a mejorar el acceso de agua para la población. En los últimos años se han desarrollado estudios enfocados al cálculo de las recargas subterráneas [8] y de manera detallada las características hidrogeológicas del acuífero Las Sierras [9], con el propósito de obtener un dato aproximado de la recarga subterránea.

La importancia del presente documento radica en el diseño de un modelo regresor de Aprendizaje Automático (AA) que estime o simule Recarga Potencial (Rp), a partir de los datos histórico de precipitación, información de campo, levantamiento geológico y pruebas de infiltración dentro del acuífero en estudio. En este sentido, no existe bibliografía nacional dedicada al uso del AA en la hidrología e hidrogeología. Inicialmente se pretende preparar la RNA usando las variables de entrada (inputs), generación de las capas ocultas y outputs. Posteriormente, se realizará el 'backpropagation' que básicamente es la sección de entrenamiento de la red usando set de entrenamiento. Finalmente se obtiene la configuración, la cual brindará los outputs estimados con el menor error respecto a los datos observados o de prueba.

II. MATERIALES Y METODOS

A. Area de estudio

El acuífero de Las Sierras se encuentra ubicado en la ciudad de Managua, tiene una superficie de 1384.05 Km² y se extiende en los municipios de Ticuantepe, Masaya, La Concepción, El Crucero, San Marcos, Nindirí, Managua, Ciudad Sandino y Tipitapa. Este acuífero ocupa el 43% del municipio de Managua, 21% de Ticuantepe, el 11% para Nindirí y el 25% para el resto de municipios. (Figura 1). Desde el punto de vista geomorfológico, se localiza en el borde centro occidental de una estructura regional llamada Depresión de Nicaragua, en la cual yace y aflora material litológico predominantemente volcánico terciario y cuaternario.

Basados en la metodología de Köppen modificado [10], se determinó que en el departamento de Managua, existe un solo sub-tipo climático dominante: Awo (w) igw, Cálido Sub- húmedo de menor humedad, con período canicular. Managua, presenta un período lluvioso muy bien definido de mayo a octubre. En el transcurso del período, se presentan 2 máximos de precipitación, en junio con 164.87 mm y en septiembre con 220.53 mm de promedio mensual. A partir de noviembre se presenta el período seco, donde se observa que las precipitaciones disminuyen significativamente con valores de 53.45 mm en noviembre a 2.93 mm en febrero, siendo este mes el más seco. El comportamiento de la temperatura oscila entre el valor máximo de 29.04°C en abril y el mínimo valor de 25.96°C diciembre; valores que han ocurrido en el período seco. A partir de junio (27.09°C), disminuye, prolongándose hasta diciembre (25.96°C). Esta disminución de la temperatura, coincide con la estación invernal de los países situados en el Hemisferio Norte y con las incursiones de masas de aire frío de procedencia polar, propias de la época. [11]

Hidrogeológicamente, se considera este acuífero como libre, aunque se han registrado condiciones localizadas de semi-confinamiento debido a la presencia de lentes limo-arcillosos y de flujos de lava densas con fracturamiento bajo. [12]. Las principales unidades geológicas que forman parte del reservorio acuífero son las Formaciones La Sierra (TpQs), y los materiales del Cuaternario Aluvial (Qal). [13] La recarga natural se origina por agua de lluvia que se infiltra hasta el acuífero. Dado que la precipitación es directamente proporcional a la elevación, en general se considera que esta aumenta con esa misma tendencia, mayor en la zona alta (sur) y menor en la zona baja (norte); sin embargo estudios recientes señalan que también existe recarga a cotas intermedias, esta depende también del coeficiente de infiltración de las unidades geológicas, de los suelos y del uso de la tierra.

Los suelos, son de origen volcánico y según el Mapa de Atlas Nacional de suelo, las texturas de suelo que predominan en la zona de estudio son: Franco arenoso, Franco Arcilloso y Arenoso. [14]

B. Datos

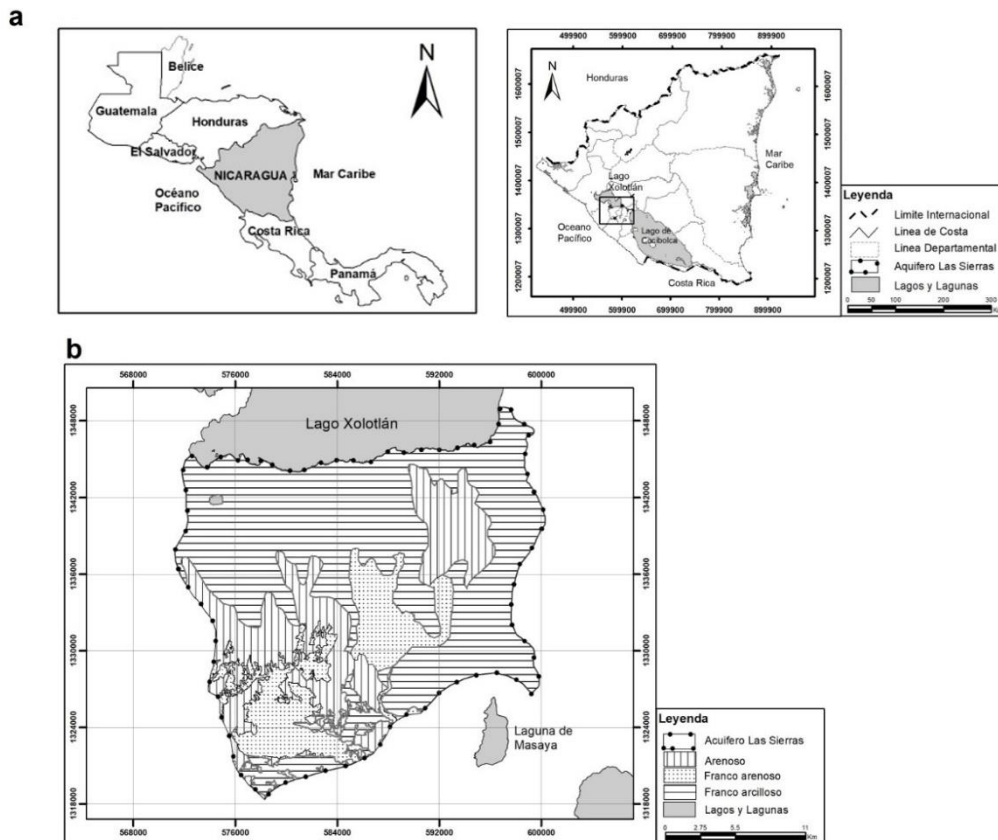
La base de datos se compone de 576 observaciones y 33 variables ($M > N$), dando un total de 19,000 datos. El origen de las variables principalmente son las observaciones de la Dirección de Meteorología, Recursos Hídricos y Ordenamiento Territorial del INETER. Las variables se categorizan en 3 grupos:

- Tiempo: Comprende un registro de observaciones del 2005 hasta 2020 (15 años), con una resolución mensual.
- Características del suelo: capacidad de infiltración, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad del suelo, pendiente, tipo de vegetación y profundidad de raíces.
- Variables ambientales: precipitación, temperatura del aire, precipitación infiltrada, escorrentía superficial, ETP, ETR, humedad del suelo, recarga potencial y retención de lluvia.

Según el modelo conceptual, en la zona de estudio existen 03 texturas de suelo [14], las cuales están asociadas a distintos valores de infiltración y por consiguiente R_p ; por lo tanto, los datos se han dividido en 03 grupos: S01, S02 y S03 los cuales corresponden a la textura de suelo arenoso, franco arenoso, franco arcilloso respectivamente. Se realizó una RNA para cada textura de suelo. Respecto a las variables de precipitación, temperatura y ETP se utilizaron datos mensuales de las estaciones 'Aeropuerto', 'Salvador Allende' e 'INETER'.

Figura 1

a: Mapa de Localización del acuífero, b: Textura de suelo en el Acuífero La Sierras. Fuente: Elaboración Propia



III. DISEÑO DE LA RNA

A. La Red Neuronal Artificial (RNA)

Una red neuronal artificial (RNA) es un sistema de procesamiento de información distribuido, donde el aprendizaje está basado en los procesos neuronales. Una RNA aprende, memoriza y divulga las diversas relaciones encontradas en los datos. La unidad básica de las RNA es la Neurona Artificial (NA), que es una abstracción matemática simplificada del comportamiento de una Neurona Biológica (NB). [15]. Las RNA se componen de un gran número de NA agrupadas en capas y altamente conectadas entre sí, para trabajar conjuntamente en la solución de un problema.

En la

(b) es la NA, que al igual que un árbol de dendritas de la NB, la NA recibe un conjunto de señales mediante las entradas x_1, x_i, x_n . Cada entrada es amplificada o reducida por su correspondiente valor de peso w_{1j}, w_{ij}, w_{nj} (que se corresponden con la sinapsis en la NB), de tal forma que el producto de estos 2 valores ($x_n * w_n$) son sumados en conjunto con el valor de umbral llamado sesgo (b_j) el cual es multiplicado por el peso del sesgo. Este resultado es enviado a la función de activación "f", que corresponde metafóricamente con el núcleo de la NB. Esta función procesa y genera la salida de la NA [16] [17]. En la Ecuación 1 se representa el modelo matemático de la NA.

$$y = f\left(\sum_{j=1}^n w_j x_j + w_b b_j\right)$$

Ecuación 1

Modelo Matemático de una RNA

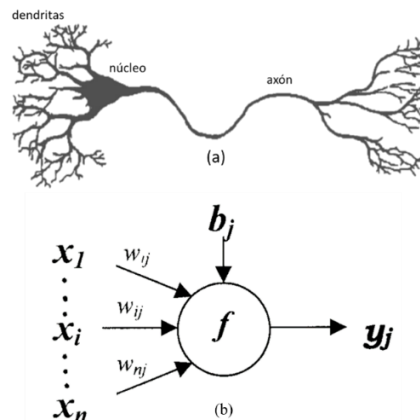


Figura 2

Representación de una NB y una NA. Fuente:

Adaptada desde Reed & Marks, 1998 y ASCE, 2000

B. Función de Activación

La función de activación (FDA) controla en gran medida la información se propaga desde una capa a la siguiente (forward propagation). El objetivo principal de FDA es agregar componentes no lineales a la red, por lo que una RNA sin FDA es muy limitada para predecir. La FDA convierte el valor neto de entrada a la neurona (pesos y bias), en un nuevo valor (y). Es gracias a combinar funciones de activación con múltiples capas, los modelos de redes son capaces de aprender relaciones no lineales.

En este estudio, se utilizó la función ReLu (Rectified Linear Unit) o Unidad Lineal Rectificada. El uso de esta función se remonta a varias décadas, pero fue hasta 2010 [18] donde se demostró era mucho mejor en la mayoría de los casos que la mayoría de la FDA que se utilizaban en el momento. La razón de esto, reside en un costo computacional muy bajo y el comportamiento de su derivada (gradiente) es muy simple: cero para los valores negativos y uno para los valores positivos. ReLu no está acotada para los números positivos (

Figura 3), lo cual da un gradiente constante, generando un aprendizaje más rápido.

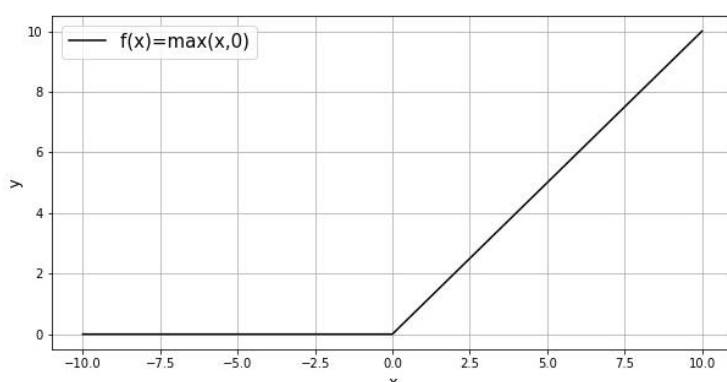


Figura 3

Función de activación ReLu. Fuente: Elaboración propia

C. Preprocesado

Esta etapa consiste en dar un tratamiento a los datos previo al cálculo. Cabe destacar que la RNA será entrenada (training) con el 80% y la fase de prueba (test) con el 20%, los que representan 12 y 3 años respectivamente. El preprocesado consiste en normalizar los datos de entrenamiento. La normalización es un requerimiento necesario para la convergencia de los modelos de RNA y mejora su rendimiento [15]. Los predictores son numéricos y se normalizaron. Todos estos procesos se realizaron con el paquete 'StandardScaler' de la librería 'Sklearn'. Este paquete resta a cada valor de un atributo el valor medio de la

columna en la que se encuentra (centrado) y finalmente divide cada predictor entre su desviación típica (normalizado), de esta forma los datos pasan a tener una distribución normal.

D. Hiperparámetros

Los Hiperparámetros de un modelo, son los valores de las configuraciones utilizadas durante el proceso de entrenamiento. Son valores que generalmente no se obtienen de los datos, por lo que suelen ser indicados por el científico de datos. El valor óptimo de un hiperparámetro no se puede conocer a priori para un problema dado, por lo que se tiene que utilizar valores iniciales aleatorios los cuales son ajustados mediante prueba y error. En RNA los hiperparámetros son: número y tamaño de capas ocultas (hidden layer), la tasa de entrenamiento (learning rate) y el parámetro de penalización (alpha). Al entrenar un modelo de Aprendizaje Automático (AA), se fijan los valores de los Hiperparámetros para que con estos los pesos se ajusten, generando los valores de predicción con menor error en contrástate con los datos de prueba. Para este estudio, inicialmente se consideró una (01) capa oculta de 10 neuronas, 10 valores alpha que oscilan entre 10^{-3} y 10^3 y finalmente un learning rate de 0.001 y 0.01.

Respecto al hidden layer, cuantas más neuronas y capas, mayor es la complejidad de las relaciones que puede aprender el modelo, por lo que el número de parámetros a aprender aumenta y con ello el tiempo de entrenamiento. El número de neurona en capas ocultas tiene un significado en el actuar de la RNA; con pocas neuronas, la red se aproximará pobremente; mientras que muchas neuronas sobreajustarán los datos de entrenamiento. [3].

En el caso del learning rate, si este es muy grande, el proceso de optimización puede ir saltando de una región a otra, sin que el modelo sea capaz de aprender; por el contrario, si learning rate es muy pequeño, el proceso de entrenamiento puede tardar demasiado y no llegar a completarse. El objetivo de Alpha es evitar que los pesos tomen valores excesivamente elevados, de esta forma se evita que unas pocas neuronas dominen el comportamiento de la red. Con este hiperparámetro se consigue un modelo más ‘suave’ en el que las salidas cambian más lentamente cuando cambian las entradas.

E. Modelo Predictivo

Con el fin de determinar una mejor configuración de RNA, se utilizó el modelo MLP o Multi Layer Perceptron a través del paquete ‘MLPRegressor’ para análisis de regresión. Este paquete está formado por un solucionador y valor de interacciones. El solver es utilizado para la optimización de los pesos (w). En este caso se utilizó el “lbfgs”, el cual es un optimizador de la familia de métodos Cuasi Newton y es utilizado para pocos datos (observaciones <1000), permitiendo una conversión más rápida y mejor. Finalmente, se ha instruido a la RNA que trabaje con un máximo de iteraciones de 1000.

El proceso del diseño de la RNA esta descrito en el diagrama de flujo de la Figura 4

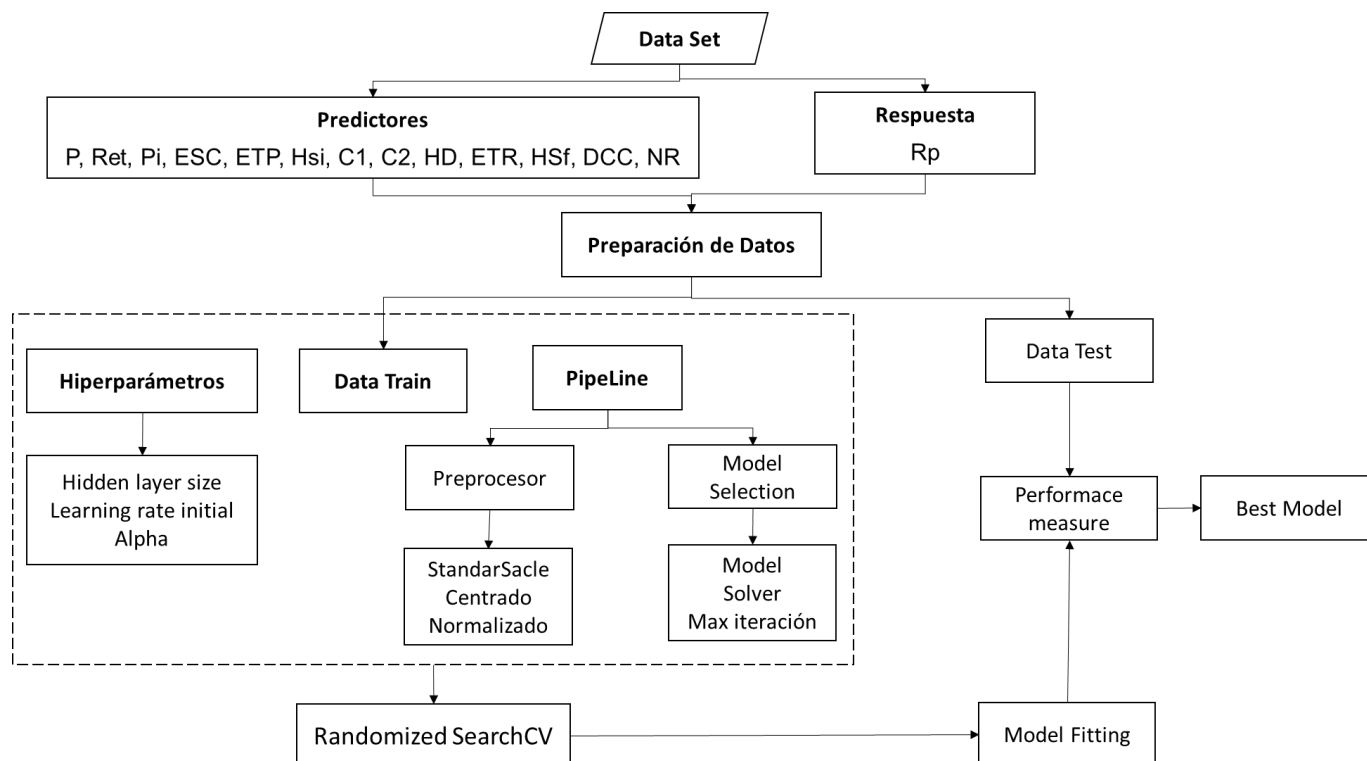


Figura 4

Diagrama de Proceso. Fuente: Elaboración Propia

F. Entrenamiento de la RNA

Esto es similar a la idea de calibración, el cual es una parte integral de los estudios de modelado hidrológico. El propósito del entrenamiento, es determinar el conjunto de pesos de conexión y umbrales nodales (bias) para que la RNA estime salidas lo suficientemente cercanas a los valores objetivo. Para ello, se utiliza el algoritmo de descenso del gradiente, 'backproagation' y la función de coste. Utilizando el algoritmo de Validación cruzada o "RandomizedSearchCV", el set de entrenamiento es dividido en folder (50 en este caso) los cuales son evaluados en la RNA y su resultado final (predicción) es contrastado con el dato de salida (observado) a través función de coste.

Lo que se desea es reducir el error; por lo tanto se utiliza el descenso de gradiente para estimar el vector gradiente asociado a los parámetros de ajuste (pesos y bias). Este vector es multiplicado por el radio de aprendizaje (learning rate) y luego restado a cada peso (w). Para actualizar o ajustar los pesos se utiliza el algoritmo de 'Backproagation', el cual propaga hacia atrás el error, de tal forma que los pesos se actualicen durante cada iteración.

G. Descenso del Gradiente

El "gradient descens", es un algoritmo clave dentro del Machine Learning (ML) y que se localiza en la gran mayoría de los sistemas de Inteligencia Artificial (IA) que se desarrollan. La derivada de una función, nos brinda información de la pendiente de dicha función. Cuando se inicia el entrenamiento, los parámetros se inicializan con un valor aleatorio, es decir iniciar en un punto cualquiera del gráfico.(Figura 5) Lo que se desea es descender (reducir el error) evaluando la pendiente en la posición inicial, por lo tanto, se calcula la derivada de la función en dicho punto, pero en una función multidimensional se debe de estimar las derivadas parciales para cada uno de los parámetros (Θ_1 y Θ_2) y cada uno de estos valores nos indica la pendiente en el eje de dicho parámetro.

Todas las derivadas parciales conforman un vector que nos indica la dirección hacia que la pendiente tiende, este vector se denomina el gradiente (Δf). (Ecuación 2). Lo que se pretende es reducir el error o bien descender, por lo que se utiliza el vector gradiente para tomar el sentido opuesto, es decir que si el gradiente nos indica como tendríamos que actualizar nuestros parámetros para subir, lo que se hace es restarlo ($\Theta = \Theta - \Delta f$). Esto nos llevaría a un nuevo lugar de la función donde repetimos el proceso múltiple veces hasta llegar a la zona donde movernos ya no suponga una variación notable del 'coste' o error es decir que la pendiente es próxima nula y que estemos en el mínimo de la función.

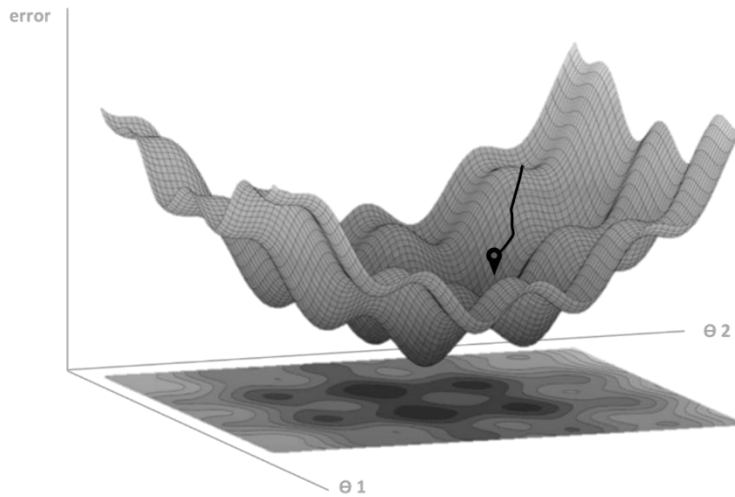


Figura 5

Descenso del Gradiente. Fuente: Adaptada desde Portal de YouTube: DotCSV

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial error}{\partial \theta_1} \\ \frac{\partial error}{\partial \theta_2} \end{bmatrix} = \Delta f$$

Ecuación 2

Vector gradiente

Para que el sistema esté completo, solo se añade el radio de aprendizaje o learning rate (a), el cual define cuánto afecta el gradiente en la actualización de nuestros parámetros en cada iteración o lo que es lo mismo cuánto se avanza en cada paso. Ecuación 3

$$\theta = \theta - a * \Delta f$$

Ecuación 3

Actualización del peso

H. Backpropagation

El backpropagation o retropropagación, es quizás el algoritmo más utilizado para el entrenamiento de RNA [19]. Básicamente, el algoritmo de Backpropagation consta de 2 pasos: primeramente, cada patrón de entrada del conjunto de datos de entrenamiento se pasa a través de la RNA desde la capa de entrada hasta la capa de salida. La salida de la red se compara con la salida de objetivo deseada (dato observado) y se calcula un error basado en la función de coste. El segundo paso es cuando el error es propagado hacia atrás a través de la RNA en cada nodo (neurona) y en consecuencia, los pesos de conexión se ajustan.

I. Función de Coste

La función de coste o 'cost function', es la encargada de cuantificar la distancia entre el valor real y el valor predicho por la RNA. En otras palabras, mide cuánto se equivoca la red al realizar predicciones. En la mayoría de casos, la función de coste retorna valores positivos. Cuanto más próximo a cero es el valor de coste, mejor son las predicciones de la red (menor error). En este caso, al ser un problema de regresión, se utiliza la función del error cuadrático medio o RMSE (root mean square error). Ecuación 4

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(Predicted_i - Actual_i)^2}{n}}$$

Ecuación 4

Función de coste: RMSE

IV. ALGORITMOS Y PAQUETES

Para el tratamiento de los datos y gráficos se han utilizados distintas librerías de lenguaje de programación *Python*. Como por ejemplo *NumPy* que es una biblioteca que da soporte para crear vectores y matrices grandes multidimensionales, junto con una gran colección de funciones matemáticas de alto nivel para operar con ellas. [20]. *Pandas* es una biblioteca de software escrita como extensión de *NumPy* para manipulación y análisis de datos para el lenguaje de programación *Python*. En particular, ofrece estructuras de datos y operaciones para manipular tablas numéricas y series temporales. [21]

Matplotlib es una biblioteca para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays en el lenguaje de programación *Python* y su extensión matemática *NumPy*. [22].

Scikit-learn o mejor conocida como *Sklearn* es una biblioteca de Aprendizaje Automático (AA) de software gratuito para el lenguaje de programación *Python*. Incluye varios algoritmos de clasificación, regresión y análisis de grupos entre los cuales están las máquinas de vectores de soporte, bosques aleatorios, Gradient boosting y K-means. Está diseñada para interoperar con las bibliotecas numéricas y científicas *NumPy* y *SciPy*. [23]

V. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

A. Características del modelo RNA

La organización y estructuración de los datos de entrada y la identificación de los parámetros más adecuados, son las actividades más complejas en el desarrollo de los modelos de RNA. En esta sección se presentan los resultados de los parámetros y error medio cuadrado de las validaciones cruzadas.

Con los hiperparámetros, la RNA tuvo un buen desempeño a nivel arquitectónico (1 capa oculta con 10 neuronas). Adicional, el valor de learning rate se configuró de tal forma que adoptaba valores de 10^{-2} y 10^{-1} , lo que al final el modelo optó por la cifra de 10^{-2} puesto que un valor menor implica que el proceso de optimización no vaya saltando regiones a otra y logrando la convergencia para el número de iteración establecida. Finalmente, con respecto al parámetro Alpha, este inicialmente presentó 10 valores que oscilan entre 10^{-3} y 10^3 , pero el modelo regresor después de las iteraciones, aprendió con el valor de 0.0215 es decir $10^{-1.666}$.

Con los parámetros ajustados, el modelo regresor brindó un RMSE de 0.05, el cual es aceptable debido a que es menor a 0.8, bajo la configuración solver = 'lbfgs' el cual permite optimizar los valores, converger más rápido y funcionar mejor. En la Figura 6 se presenta la configuración arquitectónica de la RNA. Como se observa a cada input es multiplicado por un peso (flecha sináptica) y luego dentro de la neurona se realiza la suma ponderada de $x_i * w_i + b * w$, la cual es evaluada en la función de activación (ReLU) y el resultado es el valor x dentro de una neurona para la capa oculta. Este proceso se repite hasta que se obtenga el valor en la neurona de salida.

B. Resultados

Posterior a la evaluación de la eficiencia del modelo RNA para estimar R_p , se presentan los resultados de la RNA para las distintas texturas de suelo en la zona de estudio. En caso, cada textura (S01, S02, S03) tiene la misma cantidad de predictores y observaciones en la misma escala de tiempo (2005-2020), variando las propiedades físicas del suelo, es decir, distintos valores de observación de las variables.

Los resultados indican que, bajo las mismas configuraciones iniciales en cada RNA, se obtiene un ajuste de acuerdo a los parámetros, siendo evaluados con $RMSE < 0.8$, concluyendo así que los modelos son aceptables. Dentro del proceso de ajuste o aprendizaje, se observa que, para la misma arquitectura y número de iteración, las RNA optaron por el valor menor de Learning rate, siendo este el mejor optimizador para la pronta convergencia y solución del modelo; no obstante, cada RNA optó por un valor de alpha distinto, pero dentro de los rangos de 10^{-3} y 10^3 . Tabla 1

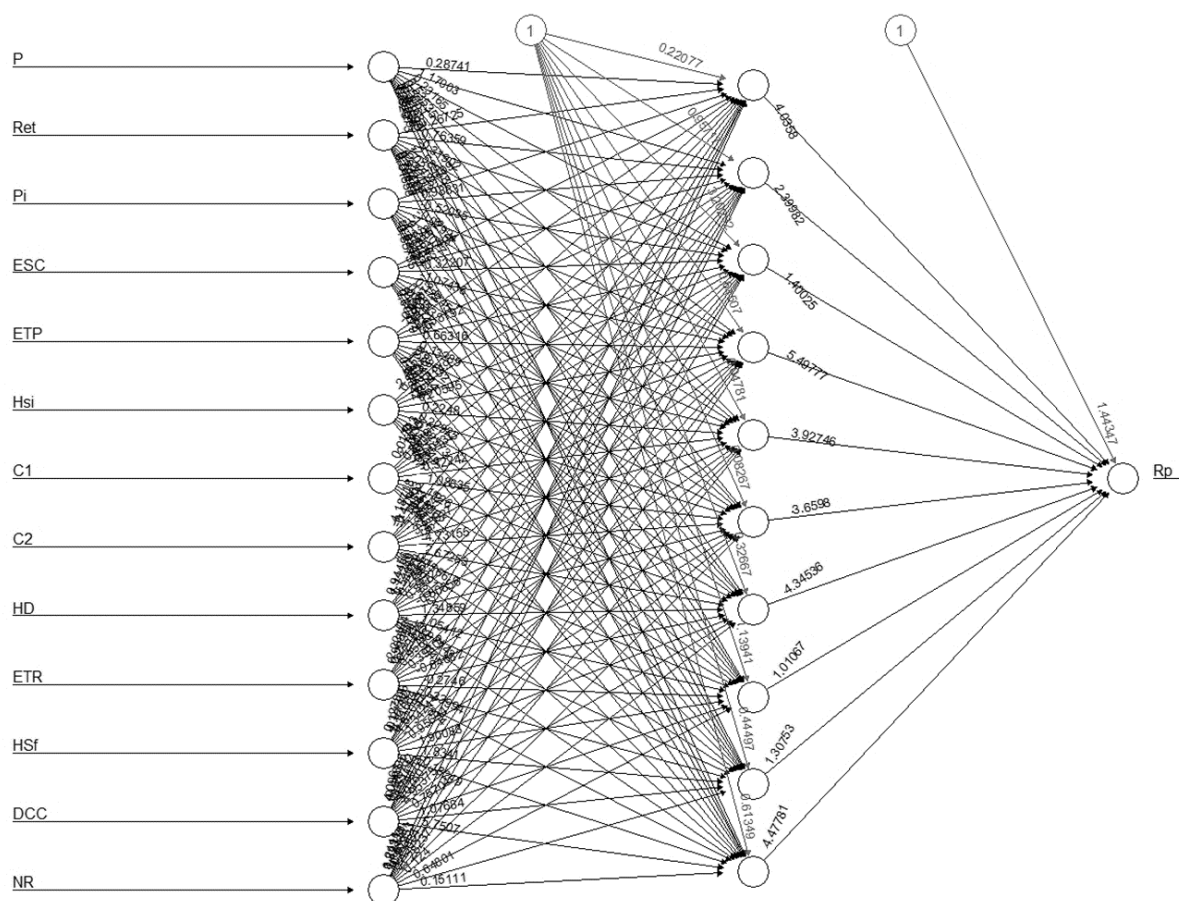


Figura 6

Configuración de arquitectónica RNA para S01. Fuente: Elaboración propia

TABLA 1 CONFIGURACIÓN DE LAS RNA PARA LAS TEXTURAS DE SUELO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Textura	Alpha	Hidden layer	Learning rate	Max iteración	Solver	RMSE
S01	0.0215	10	0.001	1000	'lbfgs'	0.05
S02	0.1000	10	0.001	1000	'lbfgs'	0.02
S03	0.0046	10	0.001	1000	'lbfgs'	0.16

Los resultados de este estudio han permitido identificar la relación entre cada una de las variables y parámetros con los que se diseñó, configuró y ajustó el modelo regresor. Basado en la estimación de errores, el modelo de predicción es aceptable respecto al modelo conceptual. Esto implica que un modelo regresor de tipo RNA, es capaz de realizar estimaciones y predicciones de variables hidrogeológicas.

C. Recomendaciones

Para trabajos futuros, se recomienda el diseño y desarrollo de un conjunto de programas para recolectar e integrar observaciones de más variables en el tiempo y espacio, de tal forma que se genere una base de datos que haga posible utilizar estos de forma simple e interoperable.

Diseñar una base de datos hidrogeológicas capaz de almacenar la información en un silo y que su diseño sea de forma 'relacional' o 'no relacional' en dependencia de la variabilidad, volumen y velocidad con que se producen estos datos.

Se recomienda el desarrollo de nuevas investigaciones usando RNA con datos de precipitación, temperatura y nivel de agua subterránea en acuíferos libres. Esto, debido a que los cambios en los niveles de dichos acuíferos (descenso y ascenso) están relacionados con el periodo seco y húmedo.

VI. AGRADECIMIENTOS

A INETER, UNAN- Managua y FAO porque través del Proyecto: "*Mejoramiento de los sistemas de información hidrometeorológica y climática para favorecer las inversiones en cambio climático en Nicaragua*", brindó la oportunidad del desarrollo de esta tesis en el ámbito de la Geoinformática e Hidroinformática con el objetivo de contribuir al desarrollo profesional de especialistas en hidrología en Nicaragua y Centroamérica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. v. Rossum, 1991. [En línea]. Available: <https://www.python.org/>.
- [2] D. Cournapeau, «Scikit - Learn,» 07 2010. [En línea]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/>.
- [3] ASCE, «Artificial neural networks in hydrology,» J. Hydrol. Eng, 2000.
- [4] G. Shortridge J.E, «Machine Learning methos for empirical streamflow simulation,» 2019.
- [5] R. Sahoo y E. T.A., «Machine Learning Algorithms for Modeling Groundwater Level,» 2017.
- [6] P. Kenda K y K. Klemen, «Groundwater Modeling with Machine Learning Techniques,» Inst Proc, 2019.
- [7] FAO, «<https://coin.fao.org/>,» 2013. [En línea]. Available: https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao_nic_rekursoshidricos_cepal.pdf.
- [8] INETER, «Estudio de Potencial de Recarga Hidrica y Deficit de agua Subterránea,» Nicaragua, Managua, 2020.
- [9] INETER, «Informe de Modelo Numerico del Acuifero de las Sierras,» Nicaragua, Managua, 2020.
- [10] W. P. Köppen, «Klassifikation der Klimate nach Temperatur,» Hamburg, 1918.
- [11] INETER, Artist, *Atlas Climáticos. Periodo 1971 - 2010*. [Art]. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales, 2022.
- [12] M. Losilla, H. Rodriguez, J. Stimson y D. Bethune, Los Acuífero Volcánicos y el Desarrollo sostenible en America Central, San José: Editorial Universidad de Costa Rica, 2001.
- [13] INAA/JICA, Estudio sobre el Proyecto de Abastecimiento de Agua en Managua, Managua, 1993.
- [14] INETER, «Mapa de Textura de suelo,» Nicaragua, Managua, 2021.
- [15] F. V. G. Corea, «Predicción espacio temporal de la irradiancia solar global a corto plazo en España mediante geoestadística y redes neurales artificiales,» España, 2014.
- [16] R. Reed y R. Marks, «Neural smithing supervised learning in feedforward neural networks,» Mit Press, 1998.
- [17] J. Mubiru y E. Banda, «Estimation of monthly average daily global solar irradiation using artificial neural networks,» Solar Energy, 2088.
- [18] X. Glorot, A. Bordes y Y. Bengio, «Deep Sparse Rectifier Neural Networks,» *Journal of Machine Learning Research*, 01 01 2010.
- [19] P. Wasserman, Neural computing: theory and practice, New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.
- [20] T. Oliphant, «NumPy,» 1995. [En línea]. Available: <https://numpy.org/>.
- [21] W. McKinney, «Pandas,» 2008. [En línea]. Available: <https://pandas.pydata.org/>.
- [22] J. D. Hunter, «Matplotlib,» 2003. [En línea]. Available: <https://matplotlib.org/>.
- [23] D. Cournapeau, «Sckit Learn,» 2007. [En línea]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/>.

HEDEAM: Diseño de una herramienta digital offline para el fomento de la Educación Ambiental.

HEDEAM: Design of an offline digital tool for the promotion of Environmental Education

Fabio Mauricio Cleves Bastidas¹, Deicy Carolina Mora Castaño², Francia Helena Vásquez Fonseca³, Juan Pablo Flórez Ortíz⁴, Yessika Bolaños Barrera⁵, María Alejandra Guarnizo Losada⁶.

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Colombia.

¹ fabio.cleves@uniminuto.edu, ² deicy.mora@uniminuto.edu, ³ francia.vasquez@uniminuto.edu, ⁴ juan.florezo@uniminuto.edu.co, ⁵ ybolanosba1@uniminuto.edu.co, ⁶ maria.guarnizo-l@uniminuto.edu.co.

Resumen — A continuación, se muestran los resultados preliminares de una investigación llevada a cabo en la Institución Educativa Caguancito, Vereda Caguancito, zona rural del municipio de Garzón, Huila, Colombia, bajo el objetivo de diseñar una Herramienta Digital Offline que fomente la Educación Ambiental, atendiendo a las características tecnológicas y deficiencia de red en la zona. La metodología es de enfoque mixto, con un diseño secuencial y como técnicas de recolección de datos se ha hecho uso de la Entrevista semiestructurada y una lista de chequeo. La Herramienta Digital llamada “HEDEAM” ha sido construida atendiendo a las necesidades tecnológicas identificadas, se diseñó mediante la plataforma Ardora 9.1, como una estrategia para el fomento de la Educación Ambiental y la Alfabetización Digital.

Palabras clave; Educación Ambiental, TIC, Educación Rural.

Abstract — The following are the preliminary results of a research carried out in the Caguancito Educational Institution, Vereda Caguancito, rural area of the municipality of Garzón, Huila, Colombia, with the objective of designing an Offline Digital Tool that promotes Environmental Education, taking into account the technological characteristics and network deficiency in the area. The methodology is of mixed approach, with a sequential design and as data collection techniques, a semi-structured interview and a checklist have been used. The Digital Tool called “HEDEAM” has been built according to the identified technological needs, it was designed using the Ardora 9.1 platform, as a strategy for the promotion of Environmental Education and Digital Literacy.

Keywords; Environmental education, TIC, rural education.

I. INTRODUCCIÓN

Las TIC han generado cambios profundos y significativos en la forma de comunicarnos tanto a nivel individual, entre colectivos, comunidades y empresas. El uso de las TIC invita a incursionar en un aprendizaje Cooperativo como propuesta didáctica Innovadora, donde el proceso de Enseñanza – Aprendizaje se fortalece a través de la interacción participativa debido a la apertura para el uso y aplicación de recursos tecnológicos, motivando y solucionando problemas para que el estudiante desarrolle su propio aprendizaje [1].

Desde la labor docente, existen numerosos elementos relacionados con el mundo de las TIC como el correo electrónico o las plataformas virtuales, siendo estas últimas, una de las prácticas de aula más demandadas. En este sentido, profesores y estudiantes toman de apoyo las TIC como herramientas en la enseñanza - aprendizaje según diferentes aspiraciones: desde la misma búsqueda de información hasta la

realización de actividades en línea; respecto a esta última que goza de mayor aplicación en las clases de enseñanza, de acuerdo con las tres funciones básicas (información, comunicación y soporte didáctico) que habría de satisfacer cualquier uso de Internet desde la perspectiva educativa [2].

El uso de las TIC se ha venido promoviendo de forma significativa en los últimos tiempos, sobre todo, atendiendo a la crisis que se enfrenta a nivel mundial por la Pandemia del Covid – 19 que obligó a las Instituciones Educativas a brindar sus servicios desde un ámbito virtual. Esta situación dejó al descubierto distintas problemáticas que enfrenta el ámbito educativo, y las cuales se pueden analizar desde 3 ámbitos: uno institucional, en cuanto a la gestión administrativa para la dotación de materiales, y recursos didácticos, así como la capacitación a docentes y estudiantes para el uso de los mismos, atendiendo a la insuficiente financiación por parte de los entes reguladores para lograr satisfacer las necesidades del sistema educativo [3].

Por otro lado, desde el ámbito docente se ha evidenciado una necesidad de promover las competencias digitales, esto debido a que, la educación virtual es más común cada día, sin embargo, los estudiantes no llegan a alcanzar esas competencias, debido a que los mismos profesores, quienes son los responsables de su formación, tampoco cuentan con dichas habilidades [4]. Es importante entonces reflexionar, en torno a si hay una formación adecuada por parte de los docentes que les permita tener mínimas habilidades con los recursos tecnológicos disponibles, y con ello, promover la alfabetización digital en sus estudiantes que termina siendo tan importante en esta nueva era.

Finalmente, desde un tercer ámbito, se hace necesario mencionar la realidad socioeconómica que viven las familias, sobre todo en zonas rurales, tal y como ocurre en la Vereda Caguancito del municipio de Garzón, debido a las desigualdades e inequidades en cuanto a acceso y cobertura a equipos móviles e internet [3]. Si desde la misma normalidad académica, no tienen garantías suficientes para adquirir distintas habilidades educativas que demanda la sociedad de hoy día, desde la virtualidad este proceso se ve mucho más obstaculizado, es por ello, que los docentes deben buscar distintas estrategias para tratar de garantizarles un mejor futuro [5].

Es así, como la pandemia por COVID-19 provocó una situación sin precedentes en el ámbito educativo, dejando de manifiesto las brechas de acceso a un equipo móvil e internet, las brechas de uso pues en muchos hogares si se cuenta con estos dispositivos, pero son compartidos entre los miembros de la familia, y finalmente las brechas de competencias digitales tanto de profesores como estudiantes, para hacer uso adecuado de las plataformas digitales con fines educativos [6]. Todas estas situaciones fueron identificadas en una caracterización realizada por los docentes en la Institución, en el momento en que tuvieron que suspender las actividades presenciales y transferirlas al formato online.

Por su parte, la Educación Ambiental se caracteriza por estar ampliamente ligada a las características políticas y económicas de las naciones, y su nacimiento se da a partir de la naturaleza como bien universal, no manejable por los intereses particulares de nadie [7]. Algunos autores revelan la existencia de una multiplicidad de percepciones en torno al concepto de Educación Ambiental que relacionan elementos como la educación libre para la conservación y protección de la naturaleza, dejando en evidencia distintas dificultades a nivel escolar, debido a la imposibilidad de reconocimiento de su significado para su aplicación [8].

En cuanto a la relación de las TIC con la Educación Ambiental, diversos estudios evidencian la existencia de múltiples recursos digitales que están a disposición de los educadores en temas ambientales entre los cuales es posible mencionar aquellos recursos orientados a promover la comunicación (foros, listas de correo, redes sociales), herramientas orientadas a promover la búsqueda de información (motores de búsqueda y directorios), recursos que buscan promover formas de expresión (videoblogs, podcasts, YouTube), herramientas para gestionar las clases (Edu2.0, YahooTeachers), para crear entornos de aprendizaje (Moodle, ACollab), y para crear tareas de modelización (Google maps) [9]; estos, poseen diversos beneficios interesantes que pudieran favorecer el uso de los mismos, sin embargo, las propuestas en este sentido para muchos casos terminan siendo aisladas de elementos tan importantes como las necesidades del contexto, los objetivos curriculares, las competencias digitales que se deben promover en los estudiantes y las dinámicas institucionales [10].

La educación virtual se convierte así en una estrategia de alto impacto, en cuanto a la mejora de la cobertura, la pertinencia y la calidad educativa, gracias a todas sus características multimediales, hipertextuales e interactivas [11]. En ese sentido, los docentes deben estar en la capacidad de utilizar recursos innovadores que permitan promover valores en los estudiantes encaminados hacia la conservación del medio, para ello, será necesario centrar el aprendizaje desde la empatía hacia el otro y hacia el entorno, con estrategias que admitan cautivar a los estudiantes e incentivar en ellos la atención, motivación y adquisición de habilidades para la conservación de los recursos; para ello, distintos autores sugieren la integración y puesta en marcha de diversas tecnologías de la información y la comunicación, con el fin de romper las barreras geográficas o físicas a partir de la creación de recursos útiles, estimulantes y sensibilizadores [9].

De acuerdo con lo anterior, surge la pregunta de investigación

¿Cómo la aplicación HEDEAM contribuye al fomento de la Educación Ambiental en una Institución Educativa Rural del Municipio de Garzón, Huila, Colombia?

Para responder a esta pregunta, se propusieron 2 fases de campo: la primera es una fase diagnóstica para reconocer cuáles son los factores que afectan el uso de las TIC en la Institución, y la segunda es la fase de diseño y aplicación de una Herramienta Digital que se ajuste a las características tecnológicas del contexto.

Los resultados obtenidos con la caracterización han permitido la construcción de una Herramienta Digital Offline llamada “HEDEAM Caguancito” diseñada en la Plataforma Ardora 9.1 en cuatro niveles de trabajo: el nivel 1 incluye actividades para los Grados 1°, 2° y 3° de Básica Primaria; el nivel 2 incluye actividades para los grados 4° y 5° de Básica Primaria; el nivel 3 incluye actividades para los 6°, 7° 8° y 9° de Básica Secundaria; y finalmente, el nivel 4 incluye actividades Para los grados de Educación Media (10° y 11°).

Las actividades propuestas en la Herramienta Digital se relacionan a características ecológicas y problemáticas ambientales propias del contexto, al incluir, por ejemplo, un libro de aves con las especies más representativas de la región y actividades que buscan promover la Educación Ambiental desde el reconocimiento del agua por tener la Vereda zona de influencia en el Páramo de Miraflores, y la planta del Café al ser el principal producto agrícola y económico de la región.

II. DISEÑO METODOLÓGICO

A. Enfoque y Tipo de Investigación.

La investigación contempla una metodología de enfoque Mixto que se caracteriza por integrar y potenciar las rutas cualitativa y cuantitativa y representar un conjunto de procesos sistémicos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y análisis de datos tanto cualitativos como cuantitativos, así como su integración y discusión conjunta para realizar inferencias producto de toda la información recabada. El método mixto permitirá lograr una perspectiva más precisa del fenómeno, teorizar el planteamiento del problema y ampliar la posibilidad de explorar los datos proporcionados por los participantes [12].

El diseño de esta investigación es secuencial, que se caracteriza por combinar una primera fase cualitativa, y una segunda cuantitativa, de tal forma que los datos obtenidos en la primera fase proporcionan información para la construcción de instrumentos que son aplicados en la segunda fase [12].

Lo cualitativo se propuso a partir de una entrevista semi-estructurada que buscó determinar cuáles son los factores que afectan el uso de las TIC para la promoción de la Educación Ambiental. Por su parte, lo cuantitativo se propuso a partir de la aplicación de una Lista de Chequeo para hacer un diagnóstico de los elementos institucionales que promueven el uso de las TIC y de las posibilidades tecnológicas que tienen las familias de la vereda; también con una encuesta de satisfacción que se aplicará luego de la intervención pedagógica bajo la Herramienta Digital HEDEAM para conocer las percepciones de los docentes y estudiantes sobre la pertinencia de la Herramienta en cuanto a la promoción de la Educación Ambiental y las Competencias Digitales.

Como es una investigación en curso, al momento sólo se han aplicado la entrevista semi-estructurada y la lista de chequeo.

B. Población y Muestra

La Institución Educativa Caguancito, ubicada en la Vereda Caguancito del Municipio de Garzón, Huila, Colombia, es una Institución Educativa de Carácter rural y cuenta con 8 Sedes: Sede Principal que incluye los Grados de Básica Secundaria y Media, y las distintas Sedes de Primaria: Panorama, Caguán, El Mirador, La Ulama, Buenos Aires, Puerto Alegría y El Socorro.

Los instrumentos diagnósticos se aplicaron a los 16 Docentes que integran el área de Ciencias Naturales para todas las sedes. Para la aplicación de la Herramienta Digital y de la Encuesta de Satisfacción se proyectó la participación de 190 estudiantes y 4 docentes correspondientes a los grados 9° y 10° de la Sede Principal, y los Grados 1° a 5° de la Sede Puerto Alegría.

C. Instrumentos de recolección de datos

Para el cumplimiento de los objetivos de investigación, se propuso como técnicas de recolección de información, una Entrevista Semiestructurada, una Lista de Chequeo y una Encuesta de Satisfacción. Por su parte, la entrevista semiestructurada, se caracteriza por partir de un guion que predetermina la información que se requiere, en este caso las preguntas son abiertas, lo que posibilita mayor flexibilidad y matices en las respuestas; no obstante, en el campo específico de la investigación social, el propósito de cualquier entrevista es recoger información de un participante sobre un determinado objeto de estudio, a partir de su interpretación de la realidad [13]. La entrevista propuesta fue aplicada en la fase diagnóstica y tuvo tres categorías, cada una con total de 5 preguntas base. Esas categorías de análisis son: Infraestructura y Gestión de las TIC, competencias digitales y factores que afectan el uso de las TIC.

En cuanto a la Lista de Chequeo consiste en el diseño de una hoja de control o verificación acerca de la presencia o ausencia de distintos elementos, es muy útil para inventariar técnicas, estrategias, equipos, métodos y materiales en general [14]. La Lista de Chequeo fue aplicada en la fase diagnóstica y tuvo dos elementos de verificación: uno que buscó hacer un diagnóstico de distintos elementos institucionales el cual tuvo 11 ítems, y otro que buscó indagar un poco acerca de los recursos que poseen los estudiantes para el acceso a las TIC; este último tuvo un total de 5 ítems.

Finalmente, la Encuesta es una herramienta que está direccionada solamente a personas y proporciona información sobre sus opiniones, comportamientos o percepciones. La encuesta puede tener resultados cuantitativos o cualitativos y se centra en preguntas preestablecidas con un orden lógico y un sistema de respuestas escalonado. Mayormente se obtienen datos numéricos [15].

La Encuesta de satisfacción, será aplicada posteriormente a la implementación de la Herramienta Digital, tendrá estructura tipo Likert y se aplicará a los 4 Docentes y 190 estudiantes con el objetivo de conocer sus percepciones respecto a la pertinencia e incidencia de la Herramienta Digital en los procesos formativos en cuanto a Educación Ambiental y promoción de las competencias digitales

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para abordar este apartado, se tuvo en cuenta las fases metodológicas, así como los instrumentos para la recolección de datos aplicados, y de ellos, los que aportaron información relevante.

A. Entrevista Semiestructurada

Tal y como se observa en la Tabla 1. la entrevista se aplicó a partir de tres elementos de caracterización: el primero es el de Infraestructura y Gestión de las TIC el cual tuvo como base un total de 5 preguntas, el segundo hizo referencia a las competencias digitales por parte de los docentes, el cual tuvo como base un total de 5 preguntas, y finalmente el tercer elemento hizo referencia a factores que afectan el uso de las TIC que también tuvo como base un total de 5 preguntas.

TABLA I RESULTADOS OBTENIDOS CON LA ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Categoría de análisis	Subcategoría	Frecuencia
Infraestructura y Gestión de las TIC	Infraestructura adecuada para el desarrollo de actividades.	56,25%
	Infraestructura adecuada para el desarrollo de actividades.	43,75%
Competencias digitales	Promoción del aprendizaje autónomo de las TIC en los estudiantes.	75%
	Gestión autónoma del aprendizaje para el uso de las TIC por parte de los docentes.	25%
Factores que afectan el uso de las TIC	Acceso a internet.	62,5%
	Acceso a equipos óptimos.	25%
	Actitud de los estudiantes.	12,5%

Las respuestas de los docentes en cuanto a la primera categoría nos llevan a reflexionar sobre la importancia del rol de los entes gubernamentales para capacitar a los docentes en temas de conocimiento y uso de las TIC, así como en la dotación periódica de equipos y materiales atendiendo a que el mundo es cambiante, y, por ende, las necesidades de los contextos y de los niños terminan variando con el tiempo.

Es importante que, desde la gestión escolar, el personal administrativo y docente trabaje de manera clara y con un objetivo mancomunado que parta de políticas institucionales, de las necesidades del contexto y de las mismas habilidades de los profesores para promulgar la alfabetización digital, a partir de la re significación de las prácticas pedagógicas con propuestas dinámicas en ambientes de aprendizaje basados en las nuevas tecnologías [16].

En cuanto a la segunda categoría algunos docentes expresan que han sentido la necesidad de gestionar de manera autónoma y por distintos medios la formación en cuanto al conocimiento y manejo de las tecnologías de la información y la comunicación, pues su labor no puede estar limitada a la gestión que realicen las directivas escolares, sino que debe trascender las barreras educativas en atención a las demandas sociales y laborales actuales. La integración de las TIC al currículo requiere de profesores formados y capacitados en el uso de estas nuevas tecnologías, pero sobre todo en el empleo pedagógico de la mismas,

pues la realidad de los escenarios escolares es que en muchas ocasiones estas herramientas son mal aprovechadas debido al desconocimiento por parte de los docentes sobre sus posibilidades didácticas [17].

Finalmente, de acuerdo a las percepciones de los docentes es posible hablar de 3 factores que afectan el uso de las TIC: Falta de acceso a internet, falta de acceso a equipos óptimos y la actitud de los estudiantes. La tarea de cualquier formador es fomentar ambientes de aprendizaje que le permita a los educandos mejorar respecto a sus conocimientos previos, para ello, es necesario que adapten sus metodologías de enseñanza al nuevo entorno y asumir un reto para adquirir habilidades y actitudes digitales que motiven a sus alumnos a hacer un uso crítico de la tecnología no solo en el aula, sino en todos los aspectos de la vida, y sólo de esta manera se empezará a contribuir a la construcción de una respuesta hacia los retos que plantea la educación en la era digital [18].

Finalmente, fue posible evidenciar que se están diseñando estrategias para articular las TIC con la Educación Ambiental, como un reto pedagógico bastante grande, pues no es posible desconocer las brechas digitales anteriormente mencionadas en este documento.

A partir de los datos cualitativos recogidos en la fase diagnóstica con la entrevista, surge la necesidad de diseñar un instrumento con datos cuantitativos que permita fortalecer el diagnóstico acerca de la infraestructura de la Institución, así como las posibilidades tecnológicas que tienen las familias de la escuela, por estar ubicados en una zona rural. Este instrumento se consolida en la construcción de la lista de chequeo y los datos recabados con él se convirtieron en el insumo para el diseño de la Herramienta Digital HEDEAM.

B. Lista de Chequeo

La lista de chequeo se aplicó a partir de dos elementos de caracterización: el primero es el institucional, que cuenta con 11 ítems de verificación, y el segundo, es el de los estudiantes con un total de 5 ítems.

Los elementos de verificación del componente institucional fueron:

Ítem 1: Existencia de Internet

Ítem 2: Existencia de sala de cómputo

Ítem 3: Existencia de Video Beam u otros sistemas de proyección

Ítem 4: Disponibilidad de laboratorios virtuales y simuladores

Ítem 5: Servicios de ofimática

Ítem 6: Bibliotecas digitales.

Ítem 7: Actualización tecnológica de equipos en las salas.

Ítem 8: Disponibilidad de acceso a las salas de cómputo y/o equipos informáticos para las Clases de Ciencias Naturales

Ítem 9: Disponibilidad de Software para la creación de contenidos digitales.

Ítem 10: Correo electrónico.

Ítem 11: Disponibilidad de plataformas *e-learning*.

En la Fig. 1 es posible observar las respuestas de los docentes frente a este componente diagnóstico.

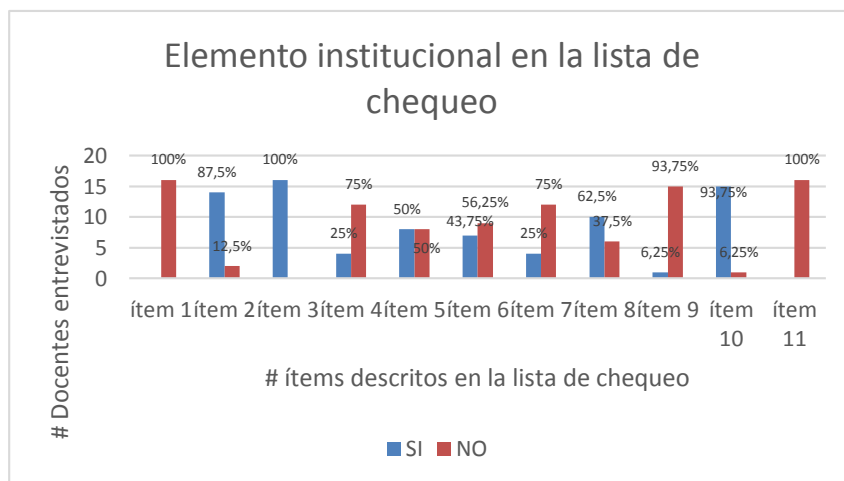


Figura 1. Percepciones de los docentes en torno a elementos institucionales

Los resultados de la Fig. 1 nos permiten reflexionar acerca de distintas fortalezas y oportunidades de mejora que se dan, gracias a la gestión de la actual administración y que, de hecho, también están relacionadas con las competencias que han adquirido los docentes gracias a la formación pos gradual y a los retos personales que asumen. Dentro de las fortalezas es posible identificar la existencia en la Institución Educativa de distintos elementos de proyección como lo es el Video Beam y, para el caso de la Sede Principal instalación de televisores, disponibilidad Tablets para el uso por parte de los estudiantes, se cuenta con el servicio de Ofimática en los equipos institucionales, y a partir de la pandemia se gestionó con la Secretaría de Educación Departamental el acceso a correos institucionales.

Por otro lado, si bien es cierto, la Institución no ha hecho compra de licencias para software, plataformas *e-learning* y otros materiales digitales, los docentes han gestionado un banco de recursos de carácter gratuito para fortalecer la alfabetización digital, dentro de ellos es necesario resaltar la construcción de una mediateca y el banco de simuladores Phet para la sede secundaria, sin embargo, estos recursos no han logrado ser extendidos a las sedes de primaria.

Es por ello, que se hace necesario analizar que, más allá de los dispositivos empleados en las clases, los docentes deben forjar un carácter innovador en las experiencias de aula de tal forma, que sea posible implicar de forma activa a los estudiantes para la construcción de conocimiento, y con ello, se pueda facilitar la readaptación de estrategias y actividades de enseñanza de una forma más oportuna cuando no se consiguen los resultados de aprendizaje esperados y atendiendo a las características y necesidades de la población estudiantil [19].

Así mismo, dentro de las oportunidades de mejora, los docentes han resaltado que no hay acceso a internet en la zona lo que los limita en la construcción y aplicación de contenido digital, eso sumado, a que, muchos de los equipos con los que se cuentan, son catalogados como obsoletos y desactualizados.

Desde esa premisa en la que se refleja que la formación de ciudadanos actualmente requiere de escuelas que incorporen recursos tecnológicos a los procesos de enseñanza – aprendizaje, han surgido múltiples esfuerzos y estrategias para dotar de dichas tecnologías a los centros escolares, sin embargo, es necesario precisar dos elementos fundamentales desde ese sentido: en primera instancia la labor que tienen las administraciones escolares para la gestión y actualización de equipos, materiales e insumos que permitan promover esas competencias digitales en docentes y estudiantes; por otro lado, la labor docente no se puede quedar trunca por estos percances, por el contrario, debe orientarse a la necesidad de entender la capacidad de transformación y mejora de los procesos educativos a través de las TIC, esto en función de los propósitos del aprendizaje y de los contextos específicos [20].

Por su parte, los elementos de verificación del componente institucional fueron:

Ítem 1: Acceso a internet para la elaboración de actividades extracurriculares/virtuales.

Ítem 2: Acceso a equipo móvil (celular, computador, tablet) para la asistencia a actividades virtuales y desarrollo de actividades extracurriculares

Ítem 3: Acceso a equipos móviles según el número de hermano

Ítem 4: Capacitación institucional a estudiantes sobre el uso de Ofimática para la elaboración de actividades

Ítem 5: Capacitación institucional a estudiantes sobre el uso y manejo de las bibliotecas digitales y plataformas *e-learning*

En la Fig. 2 es posible observar las respuestas de los docentes frente a este componente diagnóstico.

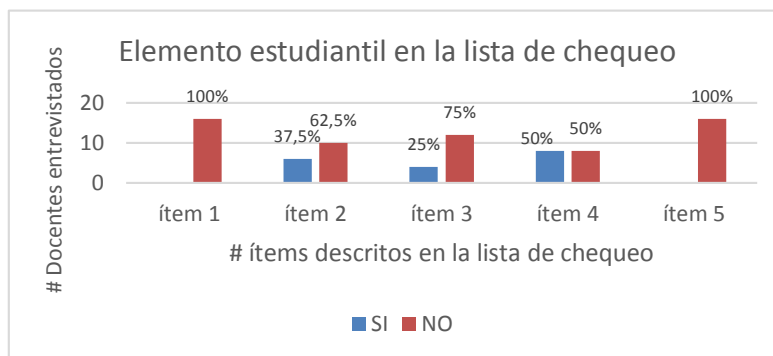


Figura 2. Percepciones de los docentes en torno a elementos estudiantiles

Como se observa en la Fig. 2, dentro de estas desigualdades tecnológicas es posible destacar que en la zona no hay acceso a internet, por lo cual, muchos padres de familia deben acceder a paquetes de datos móviles para que sus hijos logren cumplir con las actividades propuestas. Así mismo, en muchas familias apenas se cuenta con un dispositivo móvil de baja gama que debe ser alternado por los miembros de la casa para el cumplimiento de las actividades; bajo esta perspectiva muchos padres de familia optan por hacer préstamos o alquileres de este tipo de equipos a amigos y familiares.

La pandemia por Covid-19 ha exacerbado las ya conocidas desigualdades educativas que se viven en distintos países latinoamericanos, esto debido a que la necesidad de implementar ambientes virtuales de aprendizaje ha enfrentado distintas dificultades y cuestionamientos éticos sobre todo en cuanto a la equidad de los modelos educativos [21]; llevando a acuñar el término “brecha digital” debido a factores condicionantes como la clase social, la ubicación geográfica y el tipo de institución educativa al que pertenecen [6].

C. Diseño de la Herramienta Digital

Los resultados de la entrevista muestran que los principales factores que afectan el uso de las TIC son el deficiente acceso a internet en la vereda, la falta de acceso a equipos óptimos y actualizados y en algunas ocasiones la actitud de los estudiantes quienes manifiestan sentirse poco atraídos por las estrategias pedagógicas tradicionales.

Así mismo, con la Lista de Chequeo se obtuvo que los docentes han construido una mediateca a través de la intranet con un banco de recursos, y que la institución cuenta con elementos de proyección, pero estos ya se encuentran desactualizados, y que en casa los niños apenas cuentan con un celular de baja gama para el acceso a actividades virtuales, por tanto, la inclusión de las tecnologías en la Educación Ambiental es apenas una propuesta. Estos resultados, fueron el insumo del equipo investigativo para la proyección en cuanto al diseño de una Herramienta Digital que se adaptara a estas necesidades.

Lo anterior, permitió el diseño de una Herramienta Digital Offline llamada “HEDEAM Caguancito” en la Plataforma Ardora 9.1, la cual consta de 4 niveles de formación:

Nivel 1: incluye actividades para los Grados 1º, 2º y 3º de Básica Primaria con temas como el Reciclaje, la generación de residuos sólidos en puntos críticos de la vereda, y los seres vivos de la vereda.

Nivel 2: incluye actividades para los Grados 4º y 5º de Básica Primaria con temas como los Ecosistemas de la Región, El cultivo del Café y el Parque Natural Cerro Páramo de Miraflores que tiene área de influencia en la vereda.

Nivel 3: incluye actividades para los Grados 6º, 7º, 8º y 9º de Básica Secundaria con temas como clasificación taxonómica de las especies de aves de la región, realización de bodegones ecosistémicos, importancia de la reproducción para el sostenimiento de la vida.

Nivel 4: incluye actividades para los Grados 10º y 11º de Educación Media con temas como un Libro de Aves producto de jornadas de avistamiento, Contribución de las actividades campesinas al efecto invernadero y la deforestación en los ecosistemas.

Para el diseño de la Herramienta Digital se escogió Ardora 9.1. por ser un software libre que permite crear contenido educativo digital, con gran variedad de contenido multimedia como audio, video y notas de voz, lo cual permite generar una plataforma educativa didáctica y personalizada para cualquier área de trabajo, en específico para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Esta plataforma también permite descargar los archivos en XML y en formato SCORM. Además, es posible que los archivos sean trabajados offline como actividad para ser desarrollada con los estudiantes, con lo cual se busca que esta herramienta pueda ser compartida en la Mediateca diseñada por la Institución.

Para la selección del contenido se tuvo en cuenta los lineamientos existentes por parte del Ministerio de Educación Nacional de Colombia, respecto al área de Ciencias Naturales, como lo fue los Estándares Básicos de Competencias y los Derechos básicos de Aprendizaje según el grado. Así mismo se incluyeron temáticas que contextualizaran distintas problemáticas ambientales propias de la zona. En cada uno de los niveles se tuvo en cuenta métodos de enseñanza y material digital acorde a la edad y el grado al cual va dirigido, lo que ha permitido la receptividad por parte de los estudiantes y docentes.

De igual forma, apenas se están aplicando las primeras actividades de la Herramienta Digital HEDEAM con los estudiantes, mostrándonos gran receptividad inicialmente por parte de los docentes líderes de la Educación ambiental en la escuela, quienes han mencionado durante las primeras sesiones la importancia de la inclusión de las tecnologías en la educación, sobre todo en zonas donde se hace deficiente el acceso a

internet. Tal como lo menciona Docente 4-Grado 5° (comunicación personal) *“sí, ha sido una herramienta muy buena porque además se trabaja o la trabajaron ustedes con los equipos, pero no necesariamente necesitábamos el internet, más en una zona de estas que es rural pues el internet es un poco deficiente si, entonces pues la herramienta permite que, que no necesariamente tengamos el internet a la mano para poder pues avanzar en este proceso, entonces pues me parece una herramienta excelente porque la podemos trabajar sin conexión a internet”*

Por su parte, los niños han manifestado durante las primeras sesiones que ha sido de su agrado el material audiovisual de la Herramienta, pues se ha constituido por un lado en una forma de reconocimiento, manejo y uso de los equipos de cómputo, y por el otro, en una forma novedosa y agradable de aprender sobre el medio ambiente.

“Hoy me gustaron mucho los videos, pero fue difícil porque no sé manejar el computador, pero si me gustó mucho, me gustaron las imágenes” (Estudiante 31-Grado 3°, Comunicación personal).

“Me gustaría que hubiera más computadores para trabajar” (Estudiante 44-Grado 4°, Comunicación personal).

“las actividades fueron muy divertidas y ojalá puedan venir de nuevo y ojalá haya más actividades” (Estudiante 49-Grado 4°, Comunicación personal).

“Me gustaron porque me enseñan a cuidar la naturaleza, me encantó” (Estudiante 52-Grado 5°, Comunicación personal).

La aplicación de las primeras actividades de la Herramienta Digital ha permitido ratificar que los estudiantes se motivan hacia el aprendizaje cuando se hace uso de las nuevas tecnologías, y se interesan por conocer el medio que los rodea. Así mismo, se promueve el aprendizaje de nuevos conocimientos, se optimiza el rendimiento académico y se da apertura a la promoción de nuevas competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales [22].

En ese sentido, los recursos tecnológicos propician la adquisición de aprendizajes gracias a la simulación de distintas situaciones y ambientes, lo que permite el contacto con los conceptos e implica que las tecnologías de la información y la comunicación están generando cambios muy importantes en la vida de las personas y en la construcción de conocimientos [1]. Es claro, que bajo esta perspectiva el docente debe asumir un rol de facilitador y mediador, reivindicándose así su papel fundamental en el proceso educativo mediado en las TIC [2].

La Pandemia por COVID-19, dejó al descubierto que, en la Vereda Caguancito, y específicamente en las familias pertenecientes a la Institución Educativa Caguancito, existen brechas digitales en cuanto al acceso a un equipo móvil e internet, brechas en cuanto a su uso y brechas de competencias digitales [6], motivo por el cual, el diseño de la Herramienta Digital HEDEAM, ha buscado contribuir al descenso de estas problemáticas, con una plataforma que se adecua a las características tecnológicas y a las necesidades ambientales de la región.

La Educación es el medio para llegar a esa anhelada transformación social, por ello, los docentes deben evolucionar de tal forma que sean capaces de aportar a sus estudiantes todos los conocimientos y competencias que demanda la era digital, por lo cual, su práctica pedagógica debe ser significativa y con incidencia en la formación integral de los niños, teniendo en cuenta que, estamos ante un mundo globalizado, cambiante y dinámico, que demanda nuevos conocimientos y habilidades [4].

IV. CONCLUSIONES

Las salidas de campo realizadas a la Institución Educativa Caguancito del municipio de Garzón, han permitido reafirmar lo expuesto por diversos estudios en torno a las brechas digitales que existen en Colombia y que se han exacerbado gracias a la educación virtual aplicada por la pandemia del Covid-19. Es una institución educativa rural en la que no hay acceso a internet ni a señal telefónica, y los estudiantes tienen bastantes limitaciones para el acceso a actividades virtuales por la escasez de recursos que les impide acceder a equipos móviles para su formación académica.

Orientamos a niños y jóvenes que son nativos digitales y que tendrán que enfrentar a futuro una sociedad tecnológicamente avanzada, por lo cual, nuestra labor pedagógica debe estar enfocada a entender que un ordenador o un equipo móvil tiene detrás todo un currículo oculto y que, una de nuestras principales tareas respecto a esta revolución tecnológica es aunar esfuerzos y perspectivas para conseguir respuestas colectivas sobre cómo, cuándo, hasta dónde y bajo qué condiciones es posible incorporar las TIC a los procesos de enseñanza.

En cuanto a los factores que afectan el uso de las TIC, los docentes reconocen como principales causas la falta de acceso a internet, la existencia de equipos obsoletos y en algunas ocasiones la falta de interés por parte de los estudiantes. El ejercicio de campo permitió analizar desde otra perspectiva factores que, si bien es cierto no son expresados por los docentes durante las entrevistas, se reconocen en la medida en que los investigadores se ven inmersos en el contexto. Algunos de estos factores son el desconocimiento por parte de los docentes de muchas herramientas digitales que son muy comunes actualmente, la extensión desde la sede principal a las otras sedes de estrategias que han venido siendo muy eficaces en los procesos formativos y, la motivación para auto gestar capacitaciones y formaciones en temas de TIC.

Finalmente, fue posible evidenciar que para la fecha de aplicación de instrumentos diagnósticos se evidenció la iniciativa docente de recrear estrategias para articular las TIC con la Educación Ambiental, como un reto pedagógico bastante grande, pues no es posible desconocer las brechas digitales anteriormente mencionadas en este documento. A nivel pedagógico, como una visión proyectiva resultaría interesante e innovador, articular y adaptar esta estrategia a las sedes de primaria con el objetivo de promover las competencias digitales desde las primeras etapas de formación.

Como prospectiva, el equipo investigativo tiene como reto la aplicación de la herramienta basada en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, que permita abordar la Educación Ambiental desde una visión sistémica y global del medio, incluyendo los servicios ecosistémicos de los entornos institucionales para todas las sedes de tal forma que sea posible promover habilidades investigativas, valores ambientales, trabajo cooperativa entre docentes y estudiantes, pero sobre todo, la alfabetización digital.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Barrera Mesa, C. E., Fernández Morales, F. H. y Duarte, J. E. (2017). Diseño de un ambiente de aprendizaje mediado por TIC para la enseñanza de operadores mecánicos orientado al grado séptimo de la educación básica, en el Colegio Boyacá de Duitama. *Revista Colombiana de tecnologías de avanzada (RCTA)*, 2(30), 11-19.
- [2] Jiménez, D., Mora, M. y Cuadros, R. (2016). La importancia de las nuevas tecnologías en el proceso educativo. Propuesta didáctica TIC para ELE: mELEndien7días. *Revista Fuentes*, 18(2). <http://dx.doi.org/10.12795/revistafuentes.2016.18.2.07>
- [3] Cogollo Berrio, R. L. (2021). *Retos y perspectivas de los docentes Institución Educativa Cecilia de Lleras, en Montería frente a la educación virtual en tiempos de pandemia* [Tesis de maestría, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología]. https://repositorio.umecit.edu.pa/bitstream/handle/001/3544/Ramiro_Luis_Cogollo_Berrio.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [4] Suárez, U. S. L., Flórez, J. y Peláez, A. M. (2019). Las competencias digitales docentes y su importancia en los ambientes virtuales de aprendizaje. *Revista Reflexiones y Saberes*, (10), 33-41. <https://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaRyS/article/view/1069>
- [5] Vásquez, D. (2021). "Educación virtual" una aliada en tiempos de pandemia. *Diario del Huila*. <https://diariodelhuila.com/educacion-virtual-una-aliada-en-tiempos-de-pandemia/>
- [6] García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., & Grande-de-Prado, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, 21, Article 12.
- [7] Martínez Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 97-111. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.9>
- [8] García, J. E. (2002). Los problemas de la Educación Ambiental: ¿es posible una educación Ambiental integradora? *Investigación en la escuela*, 53, 31-51. /10.12795/IE.2002.i46.01
- [9] Ojeda-Barceló, F., Gutiérrez-Pérez, J. y Perales-Palacios, J. (2009). ¿qué herramientas proporcionas las tecnologías de la información y la comunicación a la Educación Ambiental?. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 6(3), 318 – 344. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.02
- [10] Andrade, C. (2021). *Didáctica mediada por las tic para la educación ambiental: un reto para los profesores de quinto grado en tiempos de Covid-19*. [Tesis de Maestría, Universidad de la Costa]. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/8233>

- [11] Crisol-Moya, E., Herrera-Nieves, L., & Montes-Soldado, R. (2020). Virtual Education for All: Systematic Review. *Education in the Knowledge Society*, 21, Article 15.
- [12] Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education.
- [13] Fàbregues F., S., Meneses N., J., Rodríguez G., D., & Paré, M. H. (2016). *Técnicas de investigación social y educativa*. Barcelona, España: Editorial UOC.
- [14] Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2018). *Metodología de la investigación cualitativa – cuantitativa y Redacción de la Tesis* (5° ed.). Ediciones de la U.
- [15] Arias G., J. L. y Covinos G., M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL.
- [16] Rincón, O. (2016). Gestión Educativa para el uso de los recursos TIC como herramientas facilitadoras en las prácticas de aula de los docentes del ciclo de la I.E.D. Colegio Rural Quiba Alta. [Tesis de Maestría, Universidad Libre, Bogotá D.C.]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9743/tesis%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [17] Mirete, A. B. (2010). Formación Docente en TICS.¿ están los docentes preparados para la (R) evolución TIC?. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 4(1), 35-44.
- [18] Viñals, A. y Cuenca, J. (2016). El rol del docente en la era digital. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado: RIFOP*, (86), 103-114.
- [19] Rodríguez-Hoyos, C., Gutiérrez, A. F., y Artime, I. H. (2021). The digital skills of teachers for innovating in university teaching. *Pixel-Bit, Revista De Medios y Educacion*, (61), 71-97. doi:10.12795/PIXELBIT.86305
- [20] Bustos, A., y Román, M. (2011). La importancia de evaluar la incorporación y el uso de las TIC en educación. *RIEE. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4(2), 3-7.
- [21] Lloyd, M. W. (2020). *Desigualdades educativas y la brecha digital en tiempos de COVID-19*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación.
- [22] Cuéllar Sambony, W. E., García Montes, M. A., Guarnizo Losada, M. A. y Fernández Cruz, J. F. (2021). Las Tablets como herramienta TIC y recurso didáctico para mejorar el nivel de comprensión del tema genética molecular en el área de ciencias naturales [Ponencia]. *XIV Congreso Iberoamericano de Computación para el Desarrollo (COMPDES 2021)*, Managua, Nicaragua. <https://www.compdes.org/libros/compdes2021.pdf>

Portafolio digital de evaluación mixta para favorecer el aprendizaje significativo en educación primaria

Digital portfolio of mixed assessment to promote meaningful learning in primary school

Mónica Noemí Guzmán Delgadillo
Escuela Normal de Ecatepec, México
moni.noemi.14@gmail.com

Martha Rocio Conchas Gaytán
Escuela Normal de Ecatepec, México
rociokonchasgaytan@gmail.com

Resumen — La evaluación es uno de los elementos esenciales de la educación, por ello es necesario que todos los actores educativos estén involucrados en su diseño y aplicación. Este trabajo tiene el objetivo de desarrollar un instrumento de evaluación que sea innovador y de respuesta a la problemática detectada, es decir, el predominio de estrategias cuantitativas de evaluación sobre las cualitativas, de aquí la necesidad de desarrollar estrategias de evaluación que consideren ambos aspectos, para esto, la metodología se llevará a cabo a través de un enfoque de investigación – acción. Con respecto a los resultados, dicho proyecto generó efectos satisfactorios en cuanto al aprendizaje significativo de los estudiantes, así como en la perspectiva de la docente titular y los padres de familia que conforman la población del estudio.

Palabras clave; *portafolio digital, evaluación mixta, aprendizaje significativo.*

Abstract — Assessment is an essential element of education; therefore, every educational actor must be involved on its design and application. This project has the objective of developing an innovative assessment instrument, which responds to the detected problem, the predominance of quantitative assessment strategies over qualitative ones, it emerges the necessity of developing mixed assessment strategies which consider both aspects, the methodology will be through a research-action approach. Talking about the results, this project generated satisfactory effects on the meaningful learning of the students, as well as on the teacher's and parents' viewpoint, who are part of the study population.

Keywords; *digital portfolio, mixed assessment, meaningful learning.*

I. INTRODUCCIÓN

La educación es la ciencia que está directamente relacionada con el desarrollo individual y social, basada en el conocimiento científico, el gusto por aprender e investigar, los valores humanos, el desarrollo del pensamiento crítico y el interés por el progreso; entre otros aspectos, por ello, debe llevarse a cabo con

responsabilidad para que cumpla con sus objetivos. Sin embargo, la educación, al igual que todo, ha presentado a lo largo de su historia transformaciones y podríamos decir “errores” que se reflejan en el comportamiento de la sociedad. Por lo que, las prácticas pasadas o innovadas pueden verse como correctas o incorrecta, pero son más necesarias para la evolución de la educación y de la humanidad.

En este sentido, la evaluación educativa no está exenta de esas modificaciones y “desaciertos”, la evaluación en el pasado consistía básicamente en enjuiciar a los alumnos por lo que memorizaban de los libros o lo que los profesores decían, además, la evaluación era exclusiva para los estudiantes y no para los demás elementos que intervienen en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

No obstante, esta es una idea que persiste en algunos docentes, como podremos observarlo en el diagnóstico aplicado a los profesores que se encuentran en servicio en la escuela primaria donde se realizó este estudio, la mayoría afirma que los estudiantes deben ser evaluados constantemente, pero pocos indican que también ellos como docentes, el currículo, las autoridades educativas y las prácticas didácticas deben ser igualmente evaluados de manera persistente.

Ahora el concepto de evaluación está enfocado en el constructivismo e implica a todo y todos los que intervenimos en el proceso, tiene el objetivo de [1] *“mejorar el desempeño de los estudiantes e identificar sus áreas de oportunidad a la vez que es un factor que impulsa la transformación pedagógica, el seguimiento de los aprendizajes y la metacognición.”*.

Sin embargo, aunque este nuevo y mejorado concepto nos parece lo más adecuado para la educación; y sus métodos y objetivos endulzan los actuales programas de estudio, la realidad en las aulas tiende a ser diferente y poco coherente con lo que este nuevo modelo de evaluación pretende. Demostrando un enorme rezago en lo que los docentes entienden por evaluación y sus objetivos.

El objetivo de este trabajo consiste en implementar estrategias mixtas de evaluación en el aula de educación primaria, para lograr el aprendizaje significativo de los estudiantes. Tomando en cuenta que el supuesto de la investigación se define de la siguiente manera: Si los estudiantes de educación primaria son evaluados con estrategias mixtas de evaluación, logran obtener aprendizajes más significativos.

II. PROBLEMATIZACIÓN

A. Evaluación tradicional

La evaluación es un elemento indispensable de la educación, no solo en el proceso de enseñanza – aprendizaje, sino en la valoración y análisis de todo lo que implica la educación desde la elaboración de los planes y programas hasta las prácticas que se llevan a cabo para lograr los objetivos de estos, así como los factores que hay de por medio como los actores del proceso educativo, los recursos materiales y los métodos y estrategias aplicadas.

Es necesario generar conciencia sobre la evolución que la evaluación ha tenido a lo largo de su trayectoria en la historia de la educación y otros campos de la humanidad. Puesto que, existe una gran cantidad de docentes que siguen ejerciendo la evaluación desde un paradigma obsoleto y sus prácticas no son acordes a lo que hoy en día pretende la evaluación de los aprendizajes.

De esta manera, se enfatiza la problemática de este trabajo como el uso predominante de métodos evaluativos tradicionales, a partir de la concepción que los docentes tienen sobre la evaluación de los aprendizajes. Esta es una problemática la que se observa durante el recorrido de todo estudiante, al ser sometidos a prácticas de evaluación que se apegan a los modelos tradicionales y hacen creer que lo más relevante de la escolarización es obtener calificaciones, si no satisfactorias como un 10, aunque sea aprobatorias como un 6, plantando en la cabeza de la sociedad, la idea de la aprobación por encima del verdadero aprendizaje, la acreditación sin importar los medios y los resultados significativos.

Además, se sabe que existen los tipos de evaluación cuantitativa y cualitativa, de los que hablaremos más adelante, por se aprecia que ambos tipos son indispensables para lograr una evaluación pertinente. Sin embargo, es extremadamente notable en los salones de clase el uso mayoritario o exclusivo de prácticas e instrumentos cuantitativos para la evaluación de los aprendizajes, provocando que la adquisición de los conocimientos recaiga en un estilo tradicionalista de aprender, en el que no existe consideración por factores internos de cada estudiante en su proceso individual de aprendizaje.

B. Causas y consecuencias

Este problema tiene sus orígenes principalmente en los paradigmas que los docentes conservan de los modelos de educación anteriores y que promueven, a través de sus prácticas de enseñanza y evaluación, a los estudiantes y a toda la sociedad en general, la cual es al mismo tiempo un factor causante de la preservación de estos paradigmas, es una [2] *“sociedad competitiva que valora preferentemente el éxito y la posesión de bienes materiales, el sistema educativo suele proponerse dotar a los alumnos de una gran dosis de conocimientos, conseguir personas que sean capaces de superar obstáculos (exámenes) y que, en consecuencia, dispongan de cabezas bien llenas.”*

En este sentido, provoca grandes consecuencias en el proceso de aprendizaje de los educandos y en la educación en general, tales como la desmotivación de los estudiantes, el rezago educativo, la deserción escolar y los bajos resultados del sistema educativo mexicano, por mencionar algunas, todas surgiendo de manera periódica en el proceso educativo.

Visto de otra manera, se puede interpretar que esta problemática está inmersa en un ciclo de causas que generan consecuencias que a su vez provocan problemas mayores. Teniendo el origen en el paradigma de la evaluación sumativa como la única válida y terminando en el paradigma de la aprobación social a través de la cantidad de resultados y no de su calidad.

Como se observa, es una cuestión verdaderamente amplia, que tiene consecuencias, no solo en los resultados exitosos o insuficientes de un alumno, una escuela o todo un sistema educativo, sino que interviene directamente en el logro del objetivo de la educación, que es, de acuerdo con el actual plan de estudios, “desarrollar el máximo potencial de aprendizaje de cada estudiante en condiciones de equidad”. Sin mencionar los efectos socioemocionales que tiene en cada uno de los estudiantes que se enfrentan con esta problemática de evaluación.

Cabe resaltar que con esto no estoy diciendo que la evaluación cuantitativa sea incorrecta, pues es absolutamente necesaria por muchas razones que se describirán más adelante, sino que, es esencial buscar un equilibrio entre los dos tipos de evaluación, sumativa y formativa, para que de esta se obtengan mejores resultados de aprendizaje.

C. Delimitación del estudio

El estudio se basó en la información recabada en la Escuela Primaria “Emiliano Zapata” turno matutino, con CCT de 15EPRO153B, específicamente en el grupo de 1° “E”, para el cual, también fueron diseñadas y aplicadas las estrategias mixtas a desarrollar, con base en sus características y necesidades específicas como grupo.

Con respecto al tiempo, este corresponde al ciclo escolar en curso, 2021 – 2022, con el objetivo de atender a los diversos momentos de evaluación que se dan a lo largo de un año escolar dentro del aula.

III. MARCO TEÓRICO

A. Aprendizaje significativo

La Teoría del Aprendizaje significativo, de la que se ha hablado desde los años 60's, se le debe al psicólogo y pedagogo David Ausubel, quien llegó a convertirse en uno de los referentes más importantes de la corriente constructivista, gracias a su idea principal de basar la enseñanza en los conocimientos previos de los niños, es decir, comprender la relación de un contenido con la vida del niño y actuar a partir de ello. El objetivo de este enfoque no consiste en “transmitir” nuevos conocimientos a los niños, como si sus mentes estuvieran en blanco, sino que, orientarlos en el aumento de los saberes que ya poseen. [3] Es el *“mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar la inmensa cantidad de ideas e informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento.”*

Es un [4] *“proceso mediante el cual se construyen las representaciones personales significativas y que poseen sentido de un objeto, situación o representación de la realidad, se le conoce como aprendizaje.”*

B. Evaluación de los aprendizajes

Es importante el entorno en el que cada niño se desenvuelve y como este influye enormemente en el aprendizaje, [5] *“evaluar los aprendizajes de los estudiantes implica enjuiciar sistemáticamente el mérito y/o valía de las competencias adquiridas por ellos en un contexto específico.”* Implica lo que sucede en el aula, como la relación entre pares y con el profesor, el contexto escolar y áulico, pero también el familiar y social, es decir, las condiciones en las que se desarrolla el niño.

Con respecto al objetivo de la evaluación, está debe promover [6] *“la toma de decisiones para mejorar la enseñanza, dado que favorecería el diseño de prácticas apropiadas al contexto y a las características socioculturales de los estudiantes, ajustando las estrategias y adecuando los materiales de trabajo.”*

C. Estrategias mixtas de evaluación

Dando un panorama general de este concepto, se definen como la combinación del enfoque cuantitativo y el cualitativo en una misma evaluación, lo cual también es conocido como método mixto de evaluación y consiste en utilizar la metodología y los instrumentos de ambos tipos para un fin común. Estos [7] *“métodos alternativos de evaluación han surgido como respuesta a la insatisfacción existente con sistemas cuantitativos”*, sin embargo, cabe resaltar que se refiere al uso exclusivo de la evaluación cualitativa, puesto que, no debemos pensar que esta es incorrecta, sino que tan necesaria como la cualitativa.

D. Feedback

Hoy en día, uno de los objetivos de la evaluación es el de la orientación del feedback que el docente debe brindar a los estudiantes y a él mismo con respecto al proceso de enseñanza – aprendizaje, después de determinados periodos. El feedback consiste en un [8] *“proceso de respuesta a una intervención que, a su vez, nutre o alimenta la intervención misma.”* Es decir, la devolución que el docente realiza para el enriquecimiento de su propia práctica y en consecuencia del aprendizaje significativo de los alumnos. En este sentido del aprendizaje significativo, el feedback [7] *“incrementa la probabilidad de un buen aprendizaje”*, dado que es la [9] *“información objetiva y realista, positiva en cuanto al contenido y la forma, motivadora, frecuente, constante”* que impacta enormemente en cada estudiante.

E. Portafolios de evaluación

Un portafolio de evaluación consiste en recopilar las evidencias que den cuenta, no solo del aprendizaje del estudiante, sino de todo el trayecto por el que pasó para lograrlo, enfatizando los puntos fuertes y débiles que presentan durante el proceso, este instrumento permite evaluar desde las perspectivas cuantitativas y cualitativas, pues considera la cantidad de productos y la calidad de los mismos.

El portafolio de evaluación incluye los siguientes elementos: exámenes, teste escritos, evaluaciones prácticas, valoraciones de actividades de clase, correcciones, objetivos y autoevaluaciones. Este instrumento da cuenta del proceso de desarrollo y crecimiento del estudiante en las distintas áreas a lo largo del tiempo, como habilidades, resolución de problemas, desarrollo cognitivo, entre otros aspectos, este progreso se refleja a través de una cuidadosa selección de sus trabajos en el portafolio.

F. Portafolios digitales de evaluación. Ventajas y desventajas

Este tipo de portafolio de evaluación es una variante del portafolio tradicional, que ha sido innovado por situaciones de la actualidad, como lo es la educación a distancia que se dio en consecuencia de la pandemia por Covid-19, sin embargo, sus intenciones son las mismas y su desarrollo similar, sumando a ella las herramientas digitales que requiere, es [10] *“una herramienta virtual que facilita al docente evaluar las competencias del estudiante durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, utilizando metodologías acordes a la educación actual con la finalidad de potencializar las habilidades con criterio de desempeño.”*

Uno de sus beneficios es que, estos [11] *“contribuyen a aumentar los niveles de calidad en el proceso de evaluación del aprendizaje.”* Por otro lado, el requisito fundamental para su aplicación, es la capacitación constante de los docentes en cuanto a habilidades y competencias tecnológicas. Algunas ventajas y desventajas de este instrumento, de acuerdo con diversos autores son las siguientes:

Ventajas:

- Permite al estudiante ser activo, crítico, cooperativo y reflexivo, fijarse metas, y asumir la responsabilidad de su aprendizaje.
- Motiva a los alumnos, ya que exige mostrar su trabajo al resto de la clase a través de Internet.
- Permite brindar retroalimentación entre pares, docentes y padres de familia, hacia los objetivos logrados, la eficacia de las estrategias de aprendizaje y la presentación de lo aprendido.
- Permite modificar los documentos, en su “permanencia” y en la posibilidad de compartirlo, sin restricciones y áreas temporales.
- Permite almacenar y conservar productos del alumno en diferentes formatos (archivos, grabaciones, ilustraciones, etc.)
- Permite la integración del trabajo de cada estudiante en un contexto
- Permite el seguimiento del progreso del estudiantado y el diálogo sobre su proceso de aprendizaje.

Desventajas

- Exige un nivel de conocimientos informáticos por parte del docente y los alumnos, de no tenerlos, puede que el portafolio digital parezca una herramienta poco práctica.
- Los recursos tecnológicos (software y hardware) no siempre son accesibles
- Debe formar parte del modelo educativo y de la cultura institucional para que realmente se considere una herramienta valiosa en el proceso de aprendizaje de los alumnos

Con respecto a las desventajas de los portafolios digitales, es responsabilidad de los docentes frente a grupo contar con los [7] *“recursos educativos adecuados como un desarrollo profesional que permita adquirir competencias con estos cambios”*, es decir, mantenerse actualizados principalmente el campo de la educación y la tecnología.

IV. PROPUESTA METODOLÓGICA

A. Investigación – Acción

Este trabajo no solo desea reflejar una problemática que ha sido identificada en las instituciones de educación, en este caso, con respecto a la evaluación de los aprendizajes, sino que, se pretende dar una aportación significativa a la educación, más específicamente a los docentes de educación primaria, para abordar esa problemática y obtener mejores resultados; lo más importante, aprendizajes y competencias más significativas.

Por esta razón, el tipo de investigación para abordar el problema, la investigación - acción, la cual permite la descripción del problema y su justificación, desde un ángulo teórico - práctico, contrastando lo observado dentro de las mismas escuelas (contexto) con lo sustentado por los autores y con la perspectiva de los mismos participantes; para posteriormente, proporcionar estrategias, materiales y métodos de eliminación o reducción de la situación problemática.

El término de “investigación – acción” fue acuñado y desarrollado por Kurt Lewin en 1944, psicólogo y filósofo alemán y estadounidense, reconocido como pionero de psicología social experimental y padre de la investigación – acción, lo definió como una forma de auto cuestionamiento reflexivo, la cual es llevada a cabo por los mismos participantes de la problemática, para la mejora constante de la práctica social educativa.

La investigación – acción también es definida como [12] “*reflexión relacionada con el diagnóstico*”, refiriéndose a que el elemento primordial de la investigación es el primer estudio del entorno y el desarrollo de la problemática en él, las causas y consecuencias, y la participación e impacto que tiene en los actores. Además, la perspectiva de dichos actores es crucial en la investigación, pues, aunque está basada en la teoría, es de suma importancia conocer los puntos de vista y la experiencia que tienen los participantes con respecto a las problemáticas detectadas, es decir, como ellos las viven cotidianamente.

B. Instrumentos de recolección de datos

Los métodos y técnicas para la recolección de la información aplicados fueron los siguientes:

El cuestionario es un [13] “*conjunto de preguntas, normalmente de varios tipos, preparado sistemática y cuidadosamente, sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación o evaluación, y que puede ser aplicado en formas variadas*”. Se utilizó en un principio para conocer la perspectiva de los docentes en cuando a la evaluación y después para conocer su opinión con respecto al portafolio.

Los registros son un método de muestreo, que permiten tener un control sobre las conductas, las emociones, los sucesos, etc., que acontecen a lo largo de la investigación y que influyen directamente en ella, para posteriormente, analizar dichas situaciones y reflexionar sobre el impacto que tienen en la problemática planteada.

La elaboración de registros debe ser muy estricta con los detalles de la situación que se está registrando, pues deben especificarse aspectos como el tiempo y lugar en el que ocurre, los actores que intervienen y la descripción lo más exacta posible de los hechos, además, este registro debe hacerse en cuanto ocurre el evento, pues de no hacerse prontamente, este puede ser modificado por la memoria del investigador, pero tampoco debe realizarse en el momento del evento, pues debe estar centrada toda la atención en él y observar su desenvolvimiento. Estos se dividen en registro anecdótico o narrativo y registro de evidencias.

De ambos tipos de registro, deriva el diario de clases, que es un documento en el que lo docentes plasman sus experiencias diarias durante las jornadas de enseñanza – aprendizaje, describiendo con detalle lo que acontece día a día, especialmente cuando algo extraordinario sucede, con el fin de tener un instrumento que sustente su trabajo y las decisiones tomadas. Consiste en un [14] “*instrumento de registro de información que le permite al docente describir y reflexionar sobre los hallazgos encontrados, luego analizados y teorizados*”. Este es esencial en la investigación educativa, pues da cuenta de cómo se está desarrollando, desde la detección y selección de la problemática a abordar, los hallazgos de la investigación y sus resultados. Por eso es importante que el investigador, que es también docente, registre el quehacer cotidiano, con el fin de que este sea sometido a crítica, construcción y deconstrucción de la propia práctica.

El otro elemento que debe plasmarse en él, es el diálogo, el cual puede ser formal o informal con los demás actores que intervienen, el registro y análisis del dialogo permite comprender la interacción y la realidad diaria de los participantes.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El portafolio de evaluación que se aplicó es de carácter virtual, por lo que es de fácil acceso para quien pretende revisarlo, ya sean docentes, padres de familia o estudiantes, que deseen conocer su evaluación. Dicho instrumento se realizó en la herramienta de google drive, dado que cualquier persona con correo de gmail puede entrar a verlo y está es la plataforma de correos electrónicos más común. El link compartido

tiene un permiso exclusivo de lectura, debido a que la edición del instrumento esta únicamente en manos de quien lo diseñó.

Por otro lado, las estrategias de evaluación que se emplearon en el portafolio son las ya descritas estrategias mixtas de evaluación, las cuales consisten en la aplicación de diversos instrumentos de evaluación que consideren indicadores cuanti-cualitativos del desempeño de cada estudiante para el logro de un aprendizaje. De igual manera, el portafolio pretende dar cuenta de la evolución que tiene cada estudiante en la adquisición de los diferentes contenidos abordados durante el ciclo escolar.

Para que el instrumento fuera de fácil interpretación como lo es de accesibilidad, este contiene una carpeta individual para cada estudiante, denominada con su nombre completo y acomodadas en orden alfabético. Además, dentro de la carpeta de cada estudiante existen cuatro subcarpetas: en la primera se encuentra el diagnóstico de las asignaturas correspondientes a dos de los campos de formación académica que señala el modelo educativo 2017 (aprendizaje esperados), así como el nivel de alfabetización y el estilo de aprendizaje.

Posteriormente, se muestra una carpeta para cada asignatura de interés, es decir, Lengua materna. Español y Matemáticas, las cuales contienen las evidencias de las actividades realizadas para el estudio de los diferentes contenidos abordados, de manera cronológica, seguidas del instrumento de evaluación aplicado y su resultado. Cabe destacar que los instrumentos de evaluación diseñados para este trabajo también fueron aplicados en la asignatura de Conocimiento del medio, así como en el área de desarrollo: Artes, sin embargo, para fines de sistematización, solo se utilizarán las evidencias recolectadas de las dos mencionadas asignaturas mencionadas al principio.

VI. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para la conformación de los portafolios personales de cada estudiante, se tomaban las fotografías de las respectivas evidencias al termino de las actividades, dejando periodos de 3 días a una semana para la recolección de evidencias, esto se debe a que la subida de las fotos era tarea exclusiva de quien creo el portafolio en la aplicación. Por otro lado, el docente titular, así como los padres de familia y sus hijos podía revisar periódicamente los portafolios, para observar y analizar sobre el desempeño de los alumnos, una vez que estuvieran sus evidencias en la plataforma.

En cada portafolio se encuentran las evidencias continuadas de la estrategia de evaluación que se le aplicó, las cuales son las ya mencionadas estrategias mixtas de evaluación, estas fueron divididas en dos categorías, entre **instrumentos de evaluación** y **dinámicas**, ambos con indicadores cuanti-cualitativos, las implementadas fueron las siguientes:

Para los instrumentos, el primero es la **rúbrica**, fue específicamente seleccionada para los contenidos que deben y pueden dividirse en diversos aspectos, todos observables a través de las evidencias de los niños, por ejemplo, la calidad de las actividades, que estas estén completas, la participación durante la sesión y el desarrollo del ejercicio en términos de orden, limpieza, disposición, entre otros.

El otro es la **lista de cotejo**, uno de los que más se utilizó a lo largo del ciclo, ya que se utilizaba con diversas variantes, en ocasiones una lista de cotejo simple, o bien con un espacio para las respectivas observaciones del alumno. En este instrumento se identifican fácilmente los indicadores que el estudiante alcanzo y cuales están en proceso.

Y el último instrumento implementado es el **registro de evaluación**, el cual permite identificar los criterios que se alcanzaron, así como los que están pendientes, y lo más importante, que observaciones realizó el docente acerca de su desempeño en un tema en específico, con el fin de que este proceso de evaluación sea más representativo de la realidad. Además, el instrumento se utilizó de manera sencilla y también se diseñó con una variante, en la cual era posible registrar el progreso de un estudiante a lo largo de los días en los que se abordaba un tema, este tipo de registro se implementó especialmente para aquellos contenidos que requieran de un periodo de tiempo más prolongado para su adecuado aprendizaje.

Ahora bien, con respecto a las dinámicas, estas consistían en actividades en las que los niños ponen a prueba los conocimientos logrados durante las clases, a través de juegos, preguntas y ejercicios, esto con el propósito de que lo obtenido de las actividades fuera más cercano con lo realmente aprendido y también de implementar el concepto de aprendizaje situado o autentico, es decir, situaciones que se aproximan a la realidad, en las que se aplican determinados conocimientos y habilidades.

El primero son las **preguntas de autoevaluación**, se dinámica se vinculó a una lista de cotejo especialmente diseñada para ello, en la que los estudiantes eran capaces de auto cuestionarse sobre lo aprendido y el desenvolvimiento que tuvieron para lograrlo, comentándoles que eran ellos los que debían calificarse y para ello debían ser totalmente honestos y responsables.

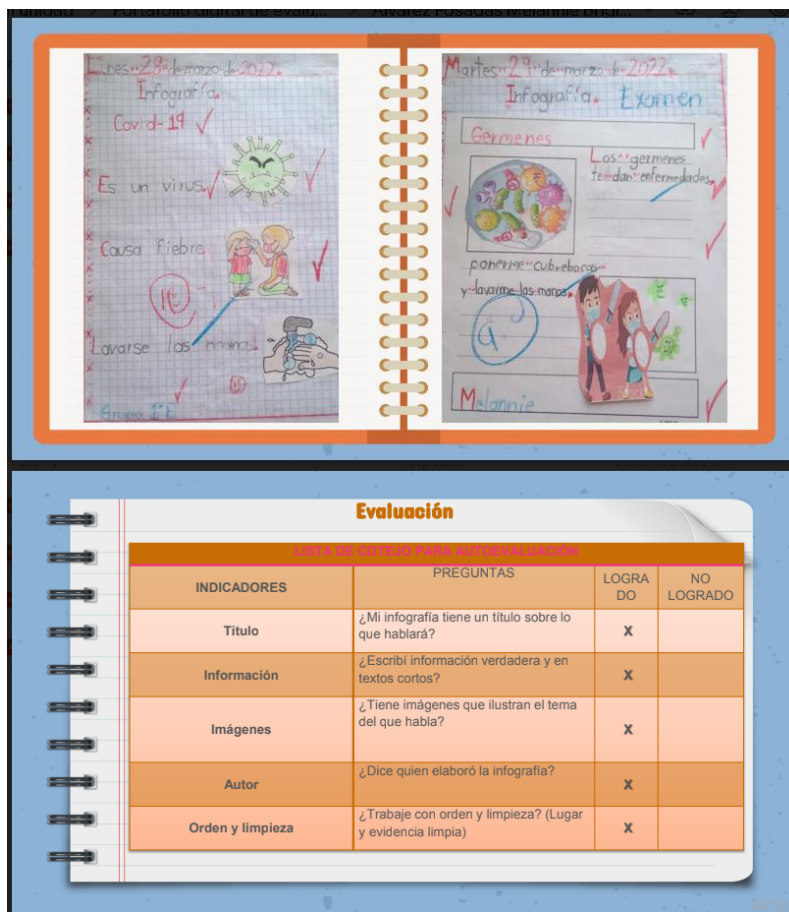


Figura 2. Evidencias y lista de cotejo para la autoevaluación de "Infografía", obtenido del portafolio1.

La otra dinámica fueron los juegos colaborativos, ponen a prueba lo aprendido, al mismo tiempo que se ejercen competencias de trabajo colaborativo con sus compañeros, ya que se realizaban en modalidad grupal o por equipos. Algunos de estos eran de carácter competitivo y otros se basaban en simulaciones de situaciones en las que era necesario determinado conocimiento o habilidad.

Finalmente, se evaluó a través de la resolución de ejercicios, que se basa en la cuidadosa selección de ejercicios, o en su caso, el diseño de estos, para poner en práctica los conocimientos y habilidades logrados después de una o más sesiones de abordar un contenido, podría decirse que es un tipo de examen sin que el estudiante lo sepa, ya que el docente debe motivarlos a resolver los ejercicios autónomamente, dando un apoyo mínimo, con el fin de problematizarlos y que ellos sean capaces de resolver los ejercicios con lo aprendido, o bien, reconozcan que necesitan reforzar el tema. Por esta razón, los ejercicios seleccionados o diseñados deben contar con ciertas características, pues deben ser un reto para el estudiante, pero también debe ser asequible para él o ella, con respecto a lo abordado durante las clases, el docente brinda su apoyo en la explicación de las instrucciones e incluso un breve refuerzo del tema, pero para la resolución, debe identificar las herramientas con las que los estudiantes ya cuentan o carecen.

VII. RESULTADOS

Los resultados proporcionados por este proyecto fueron en general satisfactorios, tanto para la docente titular, como para los padres de familia y, sobre todo, para los estudiantes, quienes tuvieron la oportunidad de desarrollar competencias para su desarrollo integral, las cuales se presentan en la fig. 3, específicamente las que favoreció cada una de las estrategias mixtas empleadas en el portafolio.

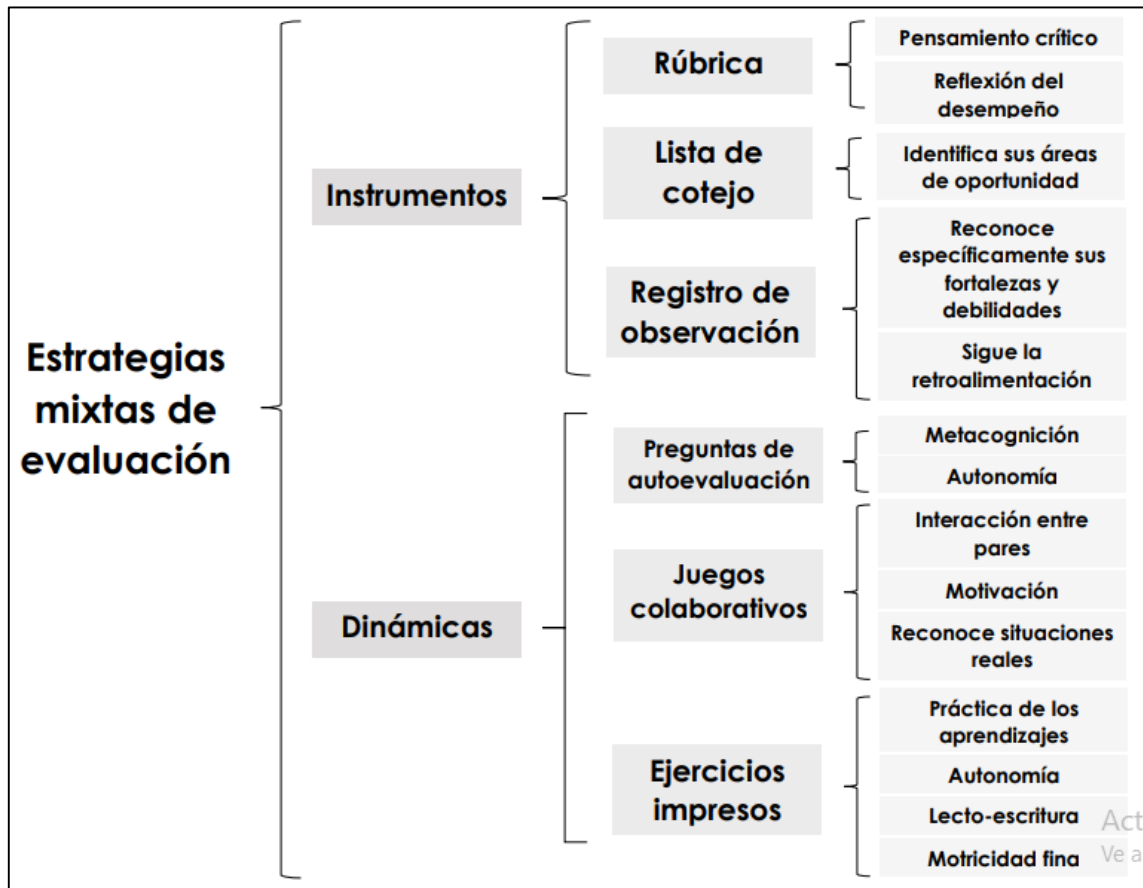


Figura 3. Organizador gráfico de competencias desarrolladas con cada estrategia de evaluación.

Así mismo el portafolio digital de evaluación mixta favoreció a varios de los aprendizajes esperados establecidos en el programa vigente (2017), que se transformaron progresivamente a aprendizajes significativos para los niños, estos resultados se obtuvieron de las evaluaciones finales de los estudiantes, específicamente de las asignaturas de español y matemáticas, estos aprendizajes se presentan a continuación en la fig. 4.

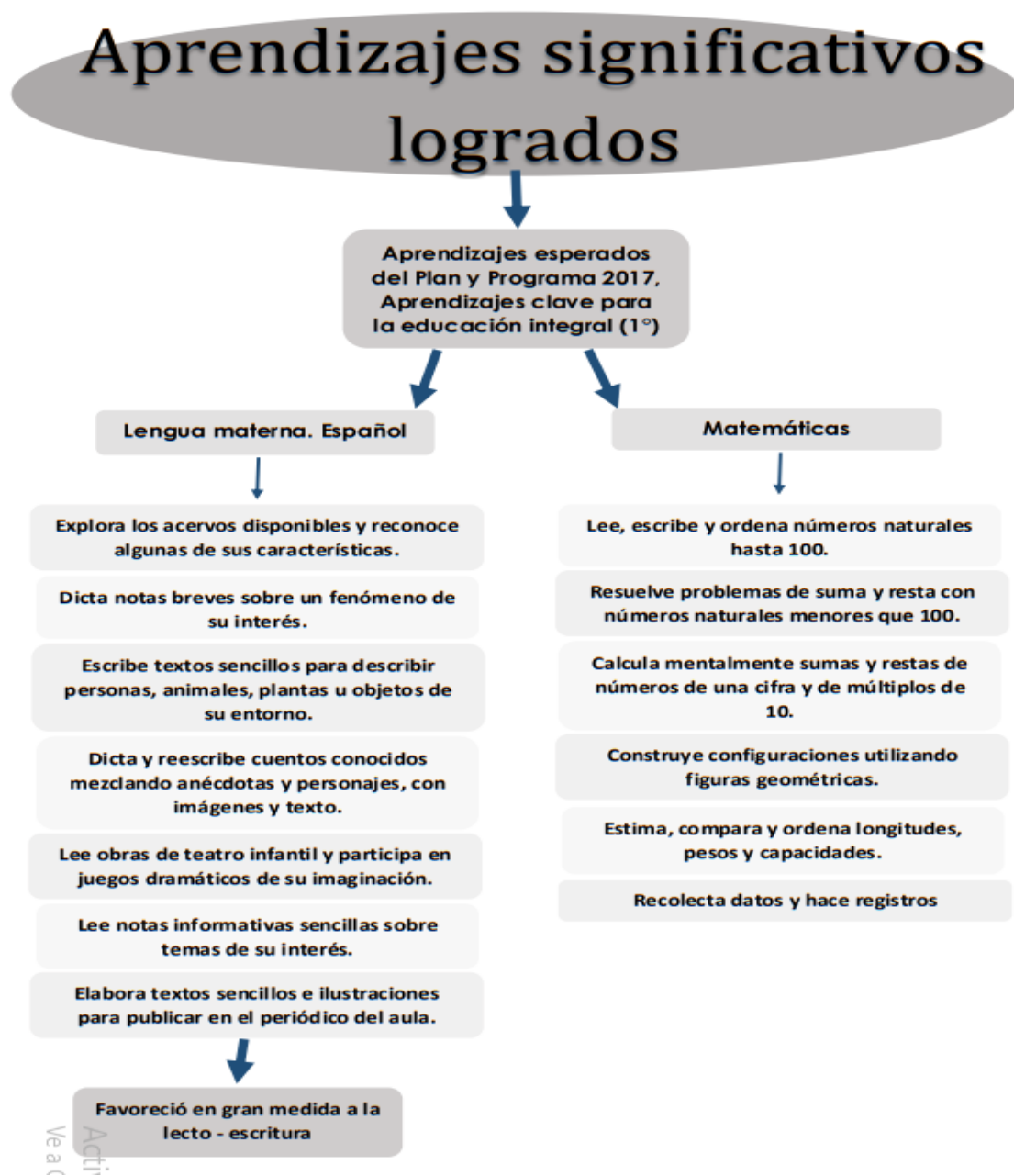


Figura 4. Organizador gráfico de aprendizajes significativos logrados con el portafolio digital de evaluación mixta.

Con respecto a la docente titular, ella manifestó que es un instrumento amigable para padres y alumnos, dado que les proporciona evidencias e información apropiada para el adecuado seguimiento de los aprendizajes desde casa, además facilita la tarea docente de la evaluación y su difusión a los tutores de los niños y las autoridades escolares. Sin embargo, recomienda que la recolección de evidencias sea una tarea de todos, para agilizar el proceso y que los actores se involucren aún más con su proceso de evaluación.

Por otro lado, los padres de familia expresaron su opinión en términos de comodidad y facilidad para acceder al proceso evaluativo de sus hijos, desde conocerlo hasta recibir la orientación adecuada para dar acompañamiento a los niños en corresponsabilidad del docente.

VIII. CONCLUSIONES

El portafolio digital de evaluación mixta dio respuesta a la problemática planteada, al diversificar las formas de evaluación, en las que los estudiantes podían probar los conocimientos y habilidades adquiridos a través de diferentes medios, así como en la consideración de sus cualidades y aspectos cuantitativos que reflejan su desempeño académico.

Además, las evaluaciones continuas y finales dan cuenta de los aprendizajes significativos logrados con el instrumento, los cuales son notorios en el trayecto de los niños, a partir de la evaluación diagnóstica, y estos son reconocidos por los mismos estudiantes y padres de familia.

Finalmente, en cuanto a los beneficios que proporcionó el portafolio se encuentra la accesibilidad del instrumento, su facilidad de interpretación, el desarrollo de habilidades críticas, y reflexivas, la autonomía y responsabilidad del propio aprendizaje, motivación hacia el aprendizaje y el acompañamiento en responsabilidad compartida por docentes y padres de familia. Por otro lado, la desventaja que presentó el instrumento a lo largo de su implementación corresponde a los extensos tiempos invertidos en la edición de todos los portafolios, esto se debe a que el portafolio estaba en manos exclusivamente de quien lo creo, por lo que para mayor eficacia del instrumento, tendría que compartirse la tarea de “subida de evidencias” con los padres de familia, con el propósito de acelerar el registro de evidencias y su evaluación correspondiente en el portafolio, además, los padres de familia tendrían que recibir una breve capacitación para el uso de la plataforma tecnológica brindada por el docente que pretende implementar este instrumento a su práctica.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SEP. (2017). Aprendizajes clave para la educación ointegral. SEP.
- [2] Casanova, M. (1998). La evaluación educativa. SEP.
- [3] Asubel, D. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York, Grune and Stratton.
- [4] Rivera, J. (2004). El aprendizaje significativo y la evaluación de los aprendizajes. Revista de investigación educativa, 47-52.
- [5] Pimienta, J. (2008). Evaluación de los aprendizajes. Pearson Educación.
- [6] Celman, S. (2005). La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo Paidós.
- [7] Klenowski, V. (2004). Desarrollo de portafolios para el aprendizaje y la evaluación. Narcea.
- [8] López, A. (2009). Feedback y correcciones de errores en el aula de L2 (I): actividades orales. Educación y futuro, 65-78.
- [9] Machargo, J. (2001). El feedback del profesor como recurso para modificar el autoconcepto de los alumnos. El Guinguada, 71-85.
- [10] Flores, M. (2021). Evaluación de herramientas digitales para la gestión del portafolio educativo. Revista Minerva de investigación científica, 55-61.
- [11] Fimia, Y. (2012). El portafolio digital y su impacto en la calidad del proceso de evaluación del aprendizaje. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 1-16.
- [12] Elliot, J. (1990). La investigación-acción en educación. Ediciones Morata, S.L.
- [13] García, T. (2003). El cuestionario como instrumento de investigación/evaluación. Página del Proyecto de Apoyo para los profesionales de la formación (PROMETEO) de la Junta de Andalucía.
- [14] Paucar, T. (2018). El diario reflexivo docente fundamentado en la teoría de investigación acción en el aula según B. Restrepo en la ejecución de la práctica pedagógica, para identificar el perfil profesional. Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo".

La comunidad internet: una respuesta en tiempos complejos

Un reto para las Universidades de Costa Rica y América Latina

The internet community: an answer in complex times

A challenge for the Universities of Costa Rica and Latin America

Dr. Edwin Gerardo Acuña Acuña

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología ULACIT, Costa Rica
edwacuac@gmail.com

Resumen — Es importante establecer que el uso de las nuevas tecnologías computacionales en la enseñanza de hoy permite al estudiante explorar, inferir, hacer conjeturas, justificar, poner a prueba argumentos y de esta forma construir su propio conocimiento. El panorama de la tecnología en el campo de la educación tiende a caracterizarse por: microcomputadoras, multimedios, juegos educativos, paquetes de instrucción ampliamente diseminados, libros electrónicos, redes, uso escolar de sistemas de aprendizaje abiertos, diseño de un modelo activo con el aprendizaje y observación del progreso vía la simulación por computadora. El nuevo profesional de las industrias 4.0 son ciudadanos que, conscientes de los nuevos retos, se encuentran inmersos en una transformación sin precedentes: combinar la digitalización de sus procesos con el uso de algoritmos para identificar tendencias y comportamientos; tomar decisiones más sólidas; optimizar sus procesos, productos, stocks y servicios, y mejorar la calidad de sus mercados, sin perder de vista el compromiso de reducir los costos. Su objetivo final es promover una innovación más competitiva y de alto valor añadido, y, así garantizar el valor futuro de la empresa.

Palabras clave: *Innovación, industrias 4.0, metodologías didácticas, construcción, calidad, mejora continua, acreditación, educación superior, metas y retos de cumplimiento.*

Abstract — It is important to establish that the use of new computational technologies in today's teaching allows students to explore, infer, make conjectures, justify, test arguments and thus build their own knowledge. The landscape of technology in the field of education tends to be characterized by: microcomputers, multimedia, educational games, widely disseminated instruction packages, electronic books, networks, school use of open learning systems, design of an active model with learning and monitoring of progress via computer simulation. The new industry 4.0 professionals are citizens who, aware of the new challenges, are immersed in an unprecedented transformation: combining the digitization of their processes with the use of algorithms to identify trends and behaviors; make more solid decisions; optimize its processes, products, stocks and services, and improve the quality of its markets, without losing sight of the commitment to reduce costs. Its ultimate goal is to promote more competitive innovation with high added value, and thus guarantee the future value of the company.

Keywords: *Innovation, industries 4.0, teaching methodologies, construction, quality, continuous improvement, accreditation, higher education, compliance goals and challenges.*

I. INTRODUCCIÓN

En la nueva estructuración de la educación, la informática y las innovaciones tecnológicas, como simuladores. Esto ocupan un espacio de formación altamente significativo que exige la preparación y actualización técnica, pedagógica y científica del docente. Las tecnologías de la información y comunicación

en la educación superior en América Latina representan los nuevos entornos de aprendizaje, por su impacto en la educación. Por lo cual son desarrolladoras de competencias necesarias para el aprendizaje y generadoras de habilidades para la vida. Sin embargo, es importante también considerar los retos que se deben vencer para que, en la educación superior, se garantice el acceso a los avances tecnológicos en condiciones asequibles a los estudiantes de las universidades de toda América Latina.

Para las nuevas generaciones, las tecnologías están presentes desde la infancia y están perfectamente constituidas y adaptadas a sus vidas. Para los más jóvenes, es imposible no concebir las TIC de la información y comunicación en el desarrollo cotidiano de sus actividades, porque forman parte de su vida personal y social.

Han desarrollado una nueva identidad y habilidad, ya que constituye una nueva forma de relacionarse, comunicarse. Se hace necesario, entonces, que los docentes se adapten al uso de las nuevas tecnologías y al desarrollo de nuevos medios de transmisión, adaptados a las crecientes necesidades de comunicación para incorporarlos al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Aquí el profesor se convierte en un facilitador que explora el conocimiento previo de los estudiantes y proporciona un ambiente adecuado para que los alumnos construyan su propio conocimiento. El estudiante, por su parte, interactúa con el objeto de aprendizaje para lograr su objetivo. La tarea del profesor bajo estas situaciones será diseñar y presentar escenarios que, apelando a las estructuras anteriores que el estudiante dispone, le permita asimilar y acomodar nuevos significados. Este nuevo rol, exige una actividad mayor de parte del educador, pues es necesaria una constante creatividad de parte de este. Salas (2020) indica que: Las actividades y recursos didácticos de uso generalizado en la enseñanza y aprendizaje universitarios han proporcionado resultados poco satisfactorios, los diagnósticos muestran que el aprendizaje de los estudiantes es principalmente de tipo algorítmico, con escaso conocimiento de los aspectos conceptuales y de aplicación (p. 43).

Una línea humanística atraviesa esta investigación con el fin de rescatar valores como el respeto al prójimo y la naturaleza. Asimismo, la construcción de metodologías didácticas implementando la tecnología buscando sensibilizar e involucrar al grupo de alumnos participantes ante situaciones que podrían proyectar en la vida cotidiana.

Este escrito no pretende ser exhaustivo en su contenido, sino que resulte una invitación para el trabajo integrado de la clase (o la vida cotidiana de cualquier estudiante) con respecto al entorno, y los posibles recursos que se pueden emplear para construir conocimiento. También una reflexión sobre el uso de las tecnologías de la información y comunicación como una realidad en todas las instituciones de educación superior.

En todos los sectores sociales de los que forman parte los estudiantes, para que en su vida profesional cuenten con las habilidades esenciales como: la colaboración, la innovación y la solución de problemas, contribuyendo al progreso sostenible.

A. El problema y su importancia

En un momento como el que actualmente vive la humanidad, se hace pertinente el uso de los recursos tecnológicos, creados durante estos últimos años se generado, como respuesta a diversas actividades de la vida diaria. Como lo indica bien claro Rajasingham (2016), *“toda esta tecnología les ha permitido a las empresas en diversos espacios económicos, educativos, industriales, sean estos en ámbitos de producción, de educación, de servicios, entre otros”* (p.155).

En lo que respecta a este trabajo, la tecnología ha permitido que las instituciones educativas, por medio de su personal docente y profesionales en tecnologías, establezcan una reflexión crítica, acerca de los recursos tecnológicos utilizados con una perspectiva pedagógica y desde diversos enfoques educativos y psicológicos. Además, les permiten a estudiantes y docentes, un mejor acercamiento a la experiencia de aprendizaje, como una actividad compartida, en la cual se establece una triada entre quien media el aprendizaje, quien aprende, y el uso del medio denominado recursos tecnológicos.

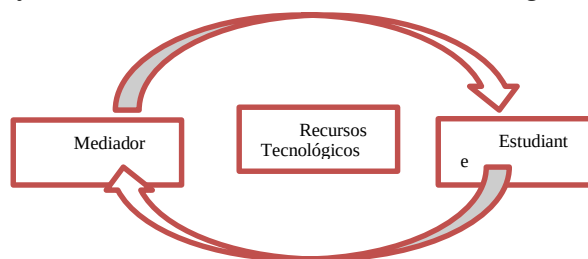


Figura 1. Triada en la educación virtual (elaboración propia).

De la figura 1, se extrae la dinámica que se establece en la educación mediada por recursos tecnológicos. En este sentido, se puede mencionar que, a partir de una propuesta de una mediación programada de manera consciente, sistemática y organizada, el docente propone el uso de diversos recursos de apoyo tecnológicos, para así transformar la dinámica del rol de la persona mediadora. De esta manera, puede situarse en espacios sincrónicos y asincrónicos en los que las interacciones docente y aprendiente, se encuentran de diversas maneras posibles, potenciando así, el desarrollo de aprendizajes significativos. Asimismo, de esta manera, se provoca un nuevo rol de quien aprende, ya que este proceso procura que esta figura se transforme, y genere un rol de ubicación, selección, organización y uso de información y, por lo tanto, un aprendizaje.

El aprendiente se convierte de esta forma en una figura activa del proceso enseñanza y aprendizaje. estilos. Las TIC pueden ayudar a los educadores en general tanto de secundaria como a nivel superior a construir una sociedad del conocimiento global porque permiten desarrollar capacidades de innovación que pueden ser determinantes en el desarrollo de la sociedad y que inciden. Sobre el desarrollo sostenible a nivel global. No podemos dejar pasar inadvertido que la educación del futuro implicará un proceso de enseñanza-aprendizaje con ciertas particularidades.

Como es el hecho de que podrá realizarse en cualquier instante, podrá ejecutarse en cualquier lugar y el ritmo de aprendizaje será personalizado.

En el proyecto que se le presenta asume como su objetivo principal la búsqueda del fortalecimiento de mayores capacidades cognitivas del estudiante para abordar los retos de una sociedad moderna, donde la información, el conocimiento y la demanda de mayores habilidades y capacidades mentales son invocadas con fuerza.

Unos de los puntos a rescatar que se enfrentará en este proyecto es la competencia matemática que se interprete aquí como una capacidad de usar las ciencias para entender y actuar sobre diversos contextos reales que día a día nos enfrentamos, subraya una relación de esta disciplina con los entornos físicos y socioculturales.

También brinda un lugar privilegiado al planteamiento y resolución de problemas contextualizados en cada situación o lugar que se encuentre el estudiante.

En esta visión la competencia educativa universitaria está definida por un poderoso sentido práctico y analítico de situaciones reales y complejas.

II. OBJETIVOS GENERALES

Indagar la influencia de la educación virtual con herramientas de simuladores, componentes de inteligencias artificiales en la población de estudiantes de múltiples escuelas, universidades y otras instituciones en la educación en general.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las causas por las cuales los estudiantes de esta investigación usan páginas de apoyo webs y las herramientas Tics.
- Establecer y comparar la facilidad y ventajas que tiene herramientas de Tics o similares.
- Determinar el rendimiento académico de los jóvenes y adultos después de utilizar las herramientas que ofrecen estos simuladores.

IV. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas educativos de Costa Rica y de todo el mundo se enfrentan actualmente al desafío de utilizar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para proveer a sus alumnos con las herramientas y conocimientos necesarios para enfrentar la pandemia COVID-19.

Como lo establece en su estudio Eguiluz (2020), donde indica que: con el advenimiento de las nuevas tecnologías, el énfasis de la profesión docente está cambiando desde un enfoque centrado en el profesor y basado en clases magistrales. Esto hacia una formación centrada principalmente en el alumno dentro de un ambiente interactivo de aprendizaje” (p. 05).

El acceso a materiales educativos es un elemento fundamental del pleno ejercicio del derecho humano a la educación y es clave para mantener en funcionamiento el sistema en todos los niveles, desde el inicial hasta los más altos grados de educación superior.

Por este motivo el diseño, gestión e implementación de programas de capacitación docente que utilicen las TIC son un elemento clave para lograr las mutaciones educativas necesarias y de amplio alcance que aprovechen ventajas competitivas, tales como las siguientes:

- Una de las claves es la superación de las barreras espacio temporales, con internet como soporte del ambiente educativo y herramienta de comunicación. De esta forma, personas de cualquier

parte del mundo y en cualquier momento, pueden acceder a los contenidos educativos siempre y cuando dispongan de la tecnología necesaria.

- El mayor cambio que requiere el aprendizaje virtual es la flexibilidad y el reconocimiento de que la estructura controlada de un sistema educativo no es replicable en línea. Debido a lo anterior, es importante el término de democratización y extensión de la educación.
- Esto implica la superación de estas barreras, que permitan el acceso a la formación a colectivos con dificultades para el seguimiento de estudios presenciales en horario restringido, como trabajadores en activo que disponen de un tiempo limitado para su formación, personas con discapacidades, estudiantes que no se adaptan a métodos de enseñanza tradicionales, personas con cargas familiares u otras circunstancias personales.

Los recursos más indispensables para lograr estos puntos son los que se desglosan en los siguientes subapartados.

A. Para los docentes

El punto más importante es la disponibilidad de servicios técnicos de asesoramiento, en el uso de las TIC y en la producción de materiales didácticos. Todos estos enfocados al uso en la red, por lo cual los encargados de la capacitación de los docentes tienen el reto de en poco tiempo, facultar en todas estas estrategias y herramientas a los docentes para facilitar el proceso educativo.

Se debe promover el acceso a recursos especializados en las áreas que forman parte del ámbito de interés del docente, así como orientación en el uso de las herramientas de comunicación (como el correo electrónico, listas de distribución, foros de discusión, otros).

B. Para los estudiantes

Uno de los puntos es brindar el acceso a los recursos necesarios para su formación a través de bibliotecas virtuales, bases de datos, bancos de recursos, videos de apoyos, laboratorios virtuales y muchos más. Como lo indica Eguiluz (2020) “que también los servicios técnicos de asesoramiento en el uso general de las TIC para el dominio del entorno virtual de aprendizaje” (p.23).

Las épocas de crisis quizá sean el principal aliento para empujar a los hombres y mujeres hacia la innovación. De las cíclicas depresiones del petróleo, de los conflictos armados de todo tipo en el mundo hasta las pandemias, como la que estamos viviendo con la COVID-19, por lo cual esta situación provoca que surjan las oportunidades de cambiar los modelos establecidos (productivos, comunicativos y pedagógicos). Dadas estas características, se puede afirmar entonces que un ambiente virtual de aprendizaje se apoya en una alta flexibilidad para introducir modificaciones para la mejora, gracias a la retroalimentación constante que se produce en este entorno.

V. ALCANCES

El trabajo realizado se va a tomar como un punto de referencia para próximas páginas o trabajos a nivel virtual en Costa Rica y el mundo. Además, para aquellos con contenidos similares a los planteados, como una guía de investigación en el campo de la educación costarricense y de América Latina.

Sus resultados permitirán ver la reacción de estas medidas virtuales educativas en los estudiantes que reciben lecciones de todo tipo de materias. El proceso que se implementa en la investigación es descriptivo, el según Hernández y es propuesto por Masis (2020), hace referencia a “que como aquellos estudios que buscan especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p.122).

Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren. Esto es, su objetivo no es como se relacionan estas.

VI. VALOR

“Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de los fenómenos, suceso, comunidad, contexto o situación”, según Maimone (2011, p. 123).

Las posibles ventajas serían las siguientes

- Ayuda a la adquisición de habilidades de tipo investigativo.
- Creación de entornos de aprendizaje donde prima la combinación de elementos reales y virtuales.
- Fomento y desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas.

Las principales limitaciones son las siguientes

- Dificultades y problemas técnicos durante su uso.
- Necesaria una correcta y detallada guía de uso para que no sea demasiado complicada para los alumnos y docentes.

- Conocimientos previos del área tecnológica como el uso de cámaras, subir archivos y navegación en internet, de acuerdo con Valencia (2018, p. 115)

Es bien conocido que las tecnologías, en la mayoría de las ocasiones, reportan una serie de beneficios a los estudiantes por la novedad que supone introducirlas en el aula. Estos beneficios no son solo a nivel de desarrollo y facilitación de los procesos de los aprendizajes.

VII. LIMITACIONES

Dentro de la investigación han surgido varias limitaciones, en tanto el tiempo y el trabajo en campo, a saber, las que se describen a continuación.

C. Desde la perspectiva de la accesibilidad

Este trabajo indaga y desarrolla la integración de las nuevas tecnologías, o tecnologías de la información y de la comunicación, la cual es cada día más habitual en las aulas de América Latina y en los procesos pedagógicos.

La situación de profesores y alumnos, en muchos casos, no es equiparable desde un contexto educativo a otro. Si bien en unos, la educación inclusiva es parte esencial del contexto educativo, en otros puede no serlo. Por otro lado, si bien en un determinado contexto es posible que una persona mayor o una persona con discapacidad pueda ser profesor, en otro puede que esto no ocurra.

Garita (2010) indica que:

En cualquier caso, se debe tener en cuenta que los usuarios de los contenidos, actividades y aplicaciones educativas serán tanto otros profesores como los alumnos del nivel para el que han sido desarrollados esos contenidos, y que dichos alumnos y profesores pueden ser:

- Niños, jóvenes y adultos con discapacidad psíquica o cognitiva.
- Niños, jóvenes y adultos con discapacidad sensorial.
- Niños, jóvenes y adultos con poca o ninguna experiencia en el uso de las computadoras (p. 47 - 48).

Tabla 1. Entorno de aprendizaje centrado en el docente y centrado en el alumno (Nota: Los cambios del pensamiento y acciones de los docentes y estudiantes, dependen de la estructura de la escuela y las políticas de cada una. Elaboración propia)

Anteriormente	Presente
Docente	Docente
Transmisor de conocimientos, de información, poseedor de la verdad y todas las respuestas.	Con guía del aprendizaje, cientista, colaborador, tutor y facilitador en el proceso enseñanza-aprendizaje. Como evaluador identifica errores, refuerza aciertos, realiza comentarios pertinentes, señala criterios de trabajo, actuación, otros.
Controla y dirige todos los contenidos del aprendizaje	Permite que los alumnos sean más responsables de su propio aprendizaje.
Estudiante	Estudiante
Receptor pasivo de la información transmitido por el docente.	Participante activo del proceso de aprendizaje.
Reproductor del conocimiento.	Produce y comparte el conocimiento de forma más participativa y abierta.
El aprendizaje es una actividad individual.	El aprendizaje es una actividad colaborativa que se realiza con otros estudiantes.

Este cuadro anterior se sustenta sobre el estudio que, en un sistema innovador de Educación a Distancia, que busca responder a las necesidades educativas de la sociedad del conocimiento y de la economía global. Se basa en el modelo de educación abierta, interactiva y escolarizada para el desarrollo de la autonomía a través del aprendizaje abierto, colaborativo y significativo y en la incorporación, por parte de los docentes y alumnos, de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación hacia nuevos modos de conocer, enseñar y producir (Valencia, 2018, pág. 115).

Las Tics implementadas durante todo este análisis, pueden favorecer el acceso universal a la educación superior, el desempeño de la enseñanza y el aprendizaje de calidad.

La formación competente de docentes, así como la administración más eficiente del sistema educativo, originando cambios en muchos aspectos del sistema educativo porque son una gran herramienta para la enseñanza, promueven la comunicación y la colaboración, suprimen las barreras de distancia y de geografía, son recursos valiosos de apoyo para los maestros y favorece a las escuelas para que desarrollen sus funciones con más eficiencia.

VIII. MARCO TEÓRICO

A. *Experiencias nacionales e internacionales de virtualización en la enseñanza a nivel de formación superior*

Dentro de los estudios tomados de la guía universitaria realizada por (Luis, 2013) establece que como el primer proceso para esta investigación, se ha realizado una indagación bibliográfica de las principales investigaciones en esta rama a nivel nacional e internacional, con la cual se consultaron en buscadores académicos, revistas especializadas en el área y bases de datos de bibliotecas sugeridas por expertos en el campo, para identificar experiencias nacionales e internacionales de virtualización en la enseñanza académicas de formación superior, con el fin de ofrecer un marco referencial para la presente investigación (p. 24).

Para incluir el factor experimental en la enseñanza, se valora el potencial de los laboratorios virtuales como una de las posibles vías de incorporación de las tics. Se destaca como ventajas:

- Simular un laboratorio de ciencias, mediante programas que simulan un laboratorio, o mediante pequeños experimentos en forma virtuales.
- Recrear procesos y fenómenos imposibles de reproducir en un laboratorio presencial e intervenir en ellos.
- Desarrollar la autonomía en el aprendizaje de los estudiantes, mediante resoluciones de caso, investigación y mediante experimentación dirigidas.
- Motivar la autoformación e investigación.
- Desarrollar en los estudiantes habilidades y destrezas en el uso de las TIC.
- Exposiciones de webinars, videos tutoriales y videos exponiendo ejemplo de la clase.

En un modelo flexible y digital tienes la oportunidad de interactuar y compartir contenidos en dos formatos:

Formato sincrónico: Están profesor y alumnos en un mismo espacio digital, para ello puedes usar herramientas de webconference como Zoom.

Ventajas:

- Cercanía entre alumnos y profesores, lo que crea un sentimiento de comunidad y disminuye la sensación de aislamiento.
- Intercambios más receptivos entre alumnos y profesores, evitando la falta de comunicación o malentendidos.

Desventajas:

- Desafiante por la necesidad de realizar una planeación detallada de la sesión.
- Desafiante, en caso de que al alumno se le presente algún inconveniente técnico, lo que implicaría pensar en un plan B para apoyarlo.

Formato asincrónico: El profesor genera contenidos (videos, lecturas, audios) para los alumnos y los coloca en la plataforma tecnológica Canvas o Blackboard.

Ventajas:

- Cercanía entre alumnos y profesores, lo que crea un sentimiento de comunidad y Mayor flexibilidad, garantizando una experiencia de aprendizaje más accesible para los estudiantes.
- Mayor compromiso cognitivo, ya que los estudiantes tendrán más tiempo para explorar el material.

Desventajas:

- Baja interacción entre sus compañeros y profesor.
- El material del curso puede ser malinterpretado.

B. *Experiencias de las universidades públicas en el desarrollo de la educación virtual*

Ante la pandemia del COVID-19 que afecta al mundo y la emergencia que enfrentan las instituciones académicas para adaptarse a la alteración repentina de su funcionamiento y modelos educativos, Han establecido medidas drásticas en este mes para salir adelante con estas situaciones que se encuentra la educación en general.

Algunos de esos casos los podemos ver con las medidas que universidades costarricenses, tanto públicas como privadas han tomado:

C. Medidas que han implementado la Universidad Estatal A Distancia UNED Costa Rica

Por la situación que se enfrenta la UNED, ha transformado toda su malla curricular a forma virtual, lo cual el primer proceso fue:

- En respuesta al plan de contingencia institucional. Se pone a disposición de la comunidad universitaria, cuyos cursos y asignaturas no posean por defecto el soporte a través de EducaU o AprendeU, el acceso al sistema de Tareas. (UNED, 2020)
- A través del sistema de tareas se habilitarán las tutorías y el envío de tareas, así como el espacio para ejecutar las pruebas escritas. (UNED, 2020, págs. 12-17)
- Los sitios de contingencias de la dirección de producción de materiales didácticos de la UNED que se han establecido son los siguientes:
- Consejos para las selecciones de video comunicaciones para los docentes y estudiantes, como herramientas para mejorar sus clases.
- Le brinda a la comunidad las ventajas y desventajas de las herramientas de video tutorías.
- Brindar plantillas de Power Point para la relaboración de video tutorías.

Los logros obtenidos por la UNED en estas tres semanas

- Por el momento de educación a distancia, hubo una rápida aceptación del proceso de virtualización de actividades en las asignaturas que tenían actividades presenciales.
- Se continúa atendiendo, con el modelo a distancia, a la población más vulnerable como: privados de libertad, pueblos originarios, estudiantes sin internet, con necesidades especiales, otros. Se hacen las adecuaciones pertinentes.
- La disposición de los programas de producción de materiales en acelerar la realización de recursos de apoyo para profesores y estudiantes.
- Poder replicar entornos de Moodle de una forma muy acelerada para manejar la concurrencia en los servidores. (Salas, 2020, pág. 13).

D. Antecedentes

El entorno de Costa Rica globalizado y el rápido desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación han llevado a la necesidad de desarrollar la Sociedad del Conocimiento caracterizada por “ser una sociedad con capacidad para generar conocimiento sobre su realidad y su entorno, con capacidad de utilizar dicho conocimiento en el proceso de concebir, forjar y construir su futuro” (Valencia, 2018) (p. 45)

En el marco del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, propende por llevar al país a ser una sociedad del Conocimiento con gente que desarrolle pensamiento estratégico y prospectivo, capaz de desenvolverse en la sociedad del Tercer Milenio.

Finalmente, (Dagger, 2007) presenta una evolución tecnológica respecto a la prestación de servicios de e-learning, desde sus principios, cuando se resaltaba la importancia de la interoperabilidad de contenidos, hasta las nuevas generaciones, donde se destaca el compartir herramientas, la semántica, la flexibilidad y las plataformas en contextos orientados a servicios, soportados en estándares SOA y WDSL, entre otros. El contexto de este trabajo se enfoca solo en el consumo de servicios e-learning, expuesto como servicios web, y no a cualquier recurso educativo expuesto en la web, que sí es el propósito de nuestra investigación. (Internet Computing. 2012, p 29)

Para responder a las necesidades, en el plan educativo departamental se definieron cinco programas que articulan los diferentes proyectos en un plan operativo de acciones. Estos programas son:

- *Fortalecimiento de la Educación superiores y construcción del sistema educativo.*
- *Ciencia y Nuevas Tecnologías*
- *Formación de Educadores*
- *Fortalecimiento de la Gestión y Administración Educativa*
- *Democracia, Participación y convivencia pacífica.*

Programas muy similares a estos proyectos de educación virtual para toda Latinoamérica encontró que, en muchos lugares visitados hasta la fecha, lo siguiente:

1. Temor de los profesores ante la tecnología (deshumanización, falta de comunicación “cara a cara” y desplazamiento profesional).
2. Los docentes, en su mayoría, no dominan las computadoras ni utilizan las herramientas informáticas para la enseñanza de diversos saberes y el aprendizaje de nuevos conocimientos y habilidades en sus alumnos.
3. Muchas aulas de nuevas tecnologías y bilingüismo en el departamento. Estas aulas son subutilizadas debido a la exclusividad dada por los Ministerios de Educación y los Organismos

Acreditadores universitarios de cada país para los programas de bilingüismo, argumento que presentan los rectores o el personal encargado de las aulas para restringir su uso o mantenerlas cerradas.

4. En algunas instituciones educativas, no han nombrado profesores para informática. Las ciudades y las instituciones educativas no tienen presupuesto para mantener una línea telefónica con acceso a Internet (Menos aún si es de llamada a larga distancia).
5. La mayoría de las personas cree que el proyecto de educación virtual consiste en una solución de internet para sus ciudades o instituciones educativas. (Valencia, 2018, p. 46)

Como respuesta a lo enunciado anteriormente, las organizaciones educativas proponen su sistema de educación virtual, como una alternativa viable en el desarrollo de las nuevas competencias, la apropiación de la tecnología, la formación docente y el desarrollo regional.

En un sistema innovador de Educación a Distancia, que busca responder a las necesidades educativas de la sociedad del conocimiento y de la economía global. Se basa en el modelo de educación abierta, interactiva y escolarizada para el desarrollo de la autonomía a través del aprendizaje abierto, colaborativo y significativo y en la incorporación, por parte de los docentes y alumnos, de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación hacia nuevos modos de conocer, enseñar y producir. (Valencia, 2018, p. 47)

La Educación Virtual tiene como misión promover el desarrollo social y productivo al dar acceso a las personas al conocimiento, a los avances científicos y tecnológicos y facilitar la participación en grupos interdisciplinarios, mediante la gestión de proyectos y el desarrollo de programas educativos con aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

El Sistema de educación superior, Interactiva y Escolarizada de tipos de programas virtuales es la propuesta institucional de 'la escuela del futuro', que como centro piloto de innovaciones educativas permitirá a la institución responder a las necesidades de gestión del conocimiento y formación de las personas del siglo XXI.

IX. ESTRUCTURA METODOLÓGICA

En lo que corresponde al método, este se puede definir "como la forma característica de investigar determinada por la intención sustantiva y el enfoque que la orienta" (Reichart ChS, 2001, pág. 28), es decir, el método marca la forma en que se desarrolla cada aspecto de la investigación en función de lo que se quería obtener y del enfoque desde el que se desea investigar.

El presente trabajo se llevó a cabo bajo el método inductivo, el cual según (Reichart ChS, 2001) indica que la inducción consiste en un razonamiento que pasa de la observación de los fenómenos a una ley general para todos los fenómenos de un mismo género (p. 26)

La investigación realizada pertenece a la metodología cuantitativa y desarrolla su frónesis en la observación de fenómenos sociales, aspectos económicos, y por su transdisciplinariedad y complejidad sustentada en una constante dinámica de transformación. Con estos datos pueden ser implementados a través de operaciones estadísticas o mapas sistémicos de variables; si no, que también pueden ser afrontados como sistemas abiertos autorregulados en la identidad y auto denominación social de la naturaleza humana, lo cual es de significativa importancia en sus relaciones sociales, culturales, laborales. El proyecto propone una investigación cualitativa que incluye actividades colaborativas entre los dos investigadores y los programas que ofrecen las universidades de América Latina que se tomaron de referencia, actividades de indagación que incluirán una valoración con orientación cualitativa y cuantitativa (entrevistas, grupos focales, cuestionarios) y actividades de observación. A continuación, una descripción de cada actividad propuesta para cumplir con los objetivos de esta investigación (Maimone, 2011, pág. 37).

X. POBLACIÓN Y MUESTRA

La investigación trabajó con dos públicos. El primero corresponde al cuerpo docente de los cursos de grado y posgrado de los programas que ofrece las universidades en Costa Rica y algunos países de América Latina como El Perú, México y Ecuador. La segunda población es estudiantado que ha participado en alguna de las ofertas educativas de la universidad.

En cuanto la población estudiantil, varía en dos grupos, por su edad y luego por su nacionalidad. Las edades se agrupan, entre estudiantes de grado, que se ubican entre los 18 y 32 años, y los que asisten a cursos de posgrado, cuyas edades oscilan de 30 años en adelante. Las muestras son tomadas, debido a dificultades logísticas o económicas para poder trabajar con la población total. La población total es de 2500000 personas, con un nivel de heterogeneidad de un 50 %, manejamos un error de un 5 % para un nivel de confianza de un 95 % dándole el rigor y la validez adecuada a una investigación seria. Se aplica la siguiente fórmula: N: es el tamaño de la población que se está considerando. Z: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. Para este estudio de un 95 %. (1,96). e: es el error muestral deseado, en tanto por ciento. Para este caso un 5 %. p: probabilidad de éxito. Usualmente se asigna el valor 50 %. q: probabilidad de fracaso. Usualmente se asigna el valor 50 %. Al resolver la ecuación con los valores que se han determinado. Nos

encontramos que la muestra debe ser de al menos 385 personas. Para el estudio se lograron realizar 700 encuestas cumpliendo a cabalidad con los índices correctos para dar validez al estudio en su etapa de encuesta.

XI. CONFIABILIDAD Y VALIDEZ

Para la ejecución del procedimiento metodológico se aplicó la prueba piloto, ya validada, a docentes que no formaban parte de la muestra, pero que presentaban las mismas características de los sujetos muestrales. Para hallar el coeficiente de confiabilidad se procedió de la siguiente manera:

a) Aplicación de la prueba a un grupo de 700 sujetos pertenecientes a la muestra de estudio, con características equivalentes a la misma.

b) Codificación de las respuestas y transcripción en una matriz de tabulación de doble entrada con el apoyo del programa Excel.

c) Cálculo del coeficiente de alfa de cronbach, cuya fórmula es $\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$, en donde

- S_i^2 es la varianza del ítem i,
- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados
- k es el número de preguntas o ítems. Interpretación de los valores tomando en cuenta la escala sugerida por (Ruiz, 1998, pág. 22)

En el caso del presente estudio, al evaluar las encuestas realizadas se encontró con que los valores numéricos obtenidos se encuentran en una magnitud alta según los rangos de alfa de Cronbach.

A. Procedimiento de validez

Para poder analizar las encuestas y validar su confiabilidad se dividirán en dos. En la primera encuesta, que llamaremos Encuesta, se tomó parecer a personas que son estudiantes y profesores de estas universidades de América Latina, en la segunda encuesta, se entrevista a personas sobre lo que se han implementado en las universidades en el estudio, en este caso denominaremos al instrumento.

B. Validez de encuesta

En esta encuesta se analizan 17 ítems por lo tanto $k = 17$. Al aplicar la fórmula tenemos que $\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$, separamos la técnica para procesar sus resultados. La Seccion1 corresponde a $\left[\frac{k}{k-1} \right]$ y la Seccion2 es $\left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right) \right]$, al ser la fórmula compleja la segmentamos considerando $\left(\sum_{i=1}^k S_i^2 \right)$ como la suma de Varianzas y S_t^2 como el total de las varianzas (VT en los cuadros). Tomado de Baptista (2015. p. 143) para validar los resultados. Los datos de la Encuesta A, entonces quedan de la siguiente forma:

Tabla 2. Cuadro de validez de la investigación. Elaboración propia.

Variable	Magnitud
k	17
Sum. Varianzas	1.257126
VT	5.437261
Seccion1	1.0625
Seccion2	0.768794
Alfa de Cronbach	0.816844

En el caso de la encuesta A, tenemos que el nivel de confiabilidad obtenido es 0,816844, que fue descrito como una magnitud muy alta en la escala de análisis de cronbach. Se dictamina entonces que el instrumento diseñado era válido y confiable para ser aplicado a la población de estudio.

XII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Información básica de la encuesta

Esta población no presenta problemas de equipamiento, pues casi el 100 % posee una computadora personal y un celular inteligente, lo cual coincide con su frecuencia en el uso de Internet. Los equipos utilizados para estas clases son (celulares 7 %, PC 23 %, laptop 69 % y tableta 1 %).

B. Herramientas virtuales usadas por los docentes en su vida personal

En general, estos resultados dejan ver que la población conoce y utiliza alguna de las herramientas virtuales en sus clases. Esto aumentaría las posibilidades de aplicación en otros ambientes de su vida, más

allá de la cotidianidad. Por otro lado, pero relacionado con este tema, se consultó acerca de su propia percepción en cuanto su fluidez tecnológica, es decir su facilidad para el uso de diferentes tecnologías. En general se ubican entre un nivel intermedio y avanzado con porcentajes muy similares. Solamente, una persona señaló sentirse en nivel básico.

Tabla 3. Herramientas usadas por el docente en sus clases virtuales en las universidades encuestadas 27/03/2021. **Fuente:** Encuesta de <https://docs.google.com/> (700 estudiantes) / **Nota:** Para la construcción de la investigación “La comunidad internet: una respuesta en tiempos complejos”. Elaboración propia.

Herramienta Virtual	Total, de estudiantes que la usan %	
<i>Biblioteca digital</i>	25	3,57 %
<i>Email.net</i>	44	6,28 %
<i>Google docs</i>	23	3,28 %
<i>Moodle (aula virtual)</i>	168	24 %
<i>MS TEAMS</i>	154	22 %
<i>OFFICE 365</i>	53	7,57 %
<i>Whatsapp</i>	75	10,71 %
<i>YOUTUBE</i>	76	10,85 %
<i>Zoom</i>	82	11,71 %
<i>Total general</i>	700	

En general estos resultados dejan ver que la población conoce y utiliza alguna de las herramientas virtuales en sus clases, esto aumentaría las posibilidades de aplicación en otros ambientes de su vida, más allá de la cotidianidad. Por otro lado, pero relacionado con este tema, se consultó acerca de su propia percepción en cuanto su fluidez tecnológica, es decir su facilidad para el uso de diferentes tecnologías. En general se ubican entre un nivel intermedio y avanzado con porcentajes muy similares; solamente una persona señaló sentirse en nivel básico.

Tabla 4. Nivel de satisfacción sobre las Clases virtuales implementadas 27/03/2021. **Fuente:** Encuesta de <https://docs.google.com/> (700 estudiantes) / **Nota:** Para la construcción de la investigación “La comunidad internet: una respuesta en tiempos complejos”. Elaboración propia

EXPERIENCIA CON LAS CLASES A DISTANCIA VIRTUALES		
Completamente insatisfecho	91	13%
Insatisfecho	121	17.28%
Muy satisfecho	203	29%
Satisfecho	282	40.28%
(en blanco)	3	0.43%
Total	700	

XIII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo es presentar la experiencia de implementar nuevas técnicas en el proceso de la enseñanza universitarias de una manera amigable. Para ello, se toman como referente teórico, diferentes situaciones vividas en la investigación, con una serie de indicadores para determinar la tendencia didáctica (la tradicional, la tecnológica, las espontáneas y la de investigativa).

Estos hacen diferencia entre creencias y las concepciones en la educación, sin embargo, la información obtenida refleja tal diferencia y que además esta puede ser rescatada a través de otros instrumentos.

Las transformaciones de las nuevas tecnologías han cambiado de manera reveladora las relaciones humanas. Las nuevas formas de acceso a las tecnologías de la información y comunicación son ahora el motor de los nuevos paradigmas respecto de cómo se relacionan las personas. También con nuevas formas de participación social, de control y activismo a través de las redes sociales. Bajo el análisis de los resultados obtenidos en los procesos, se logra que las concepciones de los docentes universitarios en una educación 4.0 que manifiesten una tendencia investigativa. Aunque la práctica lo contradice al observarse una directriz tradicional y tecnológica en sus clases.

De donde interpretamos que las concepciones han evolucionado en tanto que no se encuentran en lo tradicional, sino que gracias a diversos factores como la experiencia, los cursos de actualización entre otros. Estas concepciones se dirigen hacia la tendencia investigativa. Incluir las TIC en el sistema educativo debe significar mucho más que un instrumento para mejorar la educación superior. Se trata de emplearlas como herramientas para generar las destrezas y habilidades necesarias para un buen desempeño en el campo personal, social y laboral.

Es necesario que los gobiernos de los países en vías de desarrollo se comprometan, a corto plazo y responsablemente en todos los sectores de la sociedad a generar todos los medios y mecanismos necesarios para la realización de un desarrollo sostenible, equitativo con dimensión social y centrada en la persona.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Baptista, F. Educación Científica y Ciudadanía en el Siglo XXI. . España: Universidad de Alcalá (2015).
- [2] Dagger, D. (2007). From monolithic systems to flexible. Chicago: Internet Computing.
- [3] Eguiluz, J. (24 de 03 de 2020). <http://www.librosWeb.es/ajax/>. Obtenido de <http://www.librosWeb.es>: <http://www.librosWeb.es>
- [4] Garita, J. (2010). Integrating OpenACS/dotLRN . En J. Garita. Cartago: TEC Costa Rica.
- [5] Maimone, P. (11 de 23 de 2011). <https://sites.google.com/site/metodologiadelainvestigacionb7/capitulo-5-sampieri>. Obtenido de <https://sites.google.com>. Retrieved from <https://sites.google.com/site/metodologiadelainvestigacionb7>
- [6] Masís, F. (2020). *Experiencia en la Mediación Virtual*. San Pedro: U Latina.
- [7] Rajasingham, J. (2016). La tecnología Educativa. . Madrid España:: Ediciones B.
- [8] Salas, I. (2020). Informe sobre clases Virtuales UNED ante SINAES. San José: UNED.
- [9] Valencia, D. (29 de 09 de 2018). <https://www.uv.es>. Obtenido de <https://www.uv.es/bellohc/pedagogia/EVA1.wiki>
- [10] Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

Sistema de seguridad doméstica basado en IoT

Home security system based on IoT

Lucía Rodríguez-Pérez, Sergio de-la-Mata-Moratilla, Ana Castillo-Martinez

Universidad de Alcalá, Ciencias de la computación, España.

lucia.rodriguezperez@edu.uah.es; sergio.matam@edu.uah.es; ana.castillo@uah.es

Resumen — Este artículo analiza la necesidad actual de proteger las viviendas de los peligros relacionados con las intrusiones y amenazas externas, así como los posibles riesgos internos. Para ofrecer una solución conjunta al problema que se plantea, se ha diseñado y desarrollado un prototipo de sistema de seguridad basado en IoT que utiliza sensores y desarrollos software. El objetivo es facilitar a los usuarios el control externo e interno de sus viviendas mediante un único sistema que podrán controlar a través de una aplicación móvil.

Palabras clave; *IoT, seguridad doméstica, aplicación móvil.*

Abstract — This paper discusses the current need to protect homes from dangers related to external intrusions and threats, as well as potential internal risks. To provide a joint solution to the problem at hand, it was designed and developed a prototype IoT-based security system that uses sensors and software developments. The aim is to provide users with external and internal control of their homes through a single system that they will be able to control via a mobile application.

Keywords; *IoT; home security; mobile application.*

I. INTRODUCCIÓN

La presencia de sistemas de seguridad para los domicilios ha crecido notablemente en los últimos años. El hecho de contar con un sistema que proteja las viviendas y locales de intrusiones produce en los usuarios un estado de tranquilidad y seguridad que aumenta en gran medida su bienestar. A causa de ello, este tipo de sistemas está en constante crecimiento y se pueden comprar sistemas completos para instalarlos en los domicilios o, incluso, contratar empresas que prestan estos servicios y que además, garantizan una respuesta acudiendo al lugar de la incidencia en caso de peligro.

Uno de los factores que más ha ayudado al desarrollo de este tipo de sistema es el Internet de las Cosas, ya que permite conectar los sensores y actuadores instalados en los domicilios con una central donde se analizará cualquier tipo de amenaza, así como la posibilidad de utilizar los dispositivos móviles de los usuarios para comunicarse a través de Internet. En este caso, una de las mayores preocupaciones de los usuarios es la seguridad y privacidad de los datos. En este aspecto, los sistemas de Internet de las Cosas están experimentando cambios notables implementando soluciones que protegen las vulnerabilidades que tienen este tipo de arquitecturas para garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los sistemas domésticos [1]. Por otro lado, la presencia de sensores y actuadores en los sistemas de domotización de las viviendas está en auge actualmente. Todos los sistemas de desbloqueo con huella, acceso con código QR, control de temperatura, humedad, calidad del aire... forman parte del Internet de las Cosas y que, cada vez más, están presentes en todos los ámbitos. Esto se debe a que, esta nueva visión de Internet pretende conectar el mundo digital y el físico, para crear una red de objetos que se comunican entre sí facilitando la vida de las personas [2].

Uno de los principales problemas para la instalación de este tipo de sistemas es el precio, ya que al coste de instalación hay que añadir un coste de mantenimiento, lo que hace que muchos usuarios no puedan costearse. Es por ello que el presente trabajo presenta el prototipo de un sistema de seguridad doméstica de bajo coste cuya finalidad principal es garantizar la protección de los usuarios que lo instalen en sus domicilios. En el ámbito de la vigilancia de intrusiones, el sistema permite instalar sensores de movimiento, apertura y cierre de puertas y ventanas, cámaras, lectores de código QR para desconectar el sistema, etc. Por otro lado, para el bienestar de las personas que viven en el domicilio, se pueden instalar sensores de

temperatura, humedad, luminosidad, persianas automáticas y detectores de humo y calidad del aire. La estructura modular del sistema permite añadir tantos sensores como el usuario desee, los cuales se pueden gestionar a través de una aplicación móvil para dispositivos Android, facilitando así su uso por parte de los usuarios. Además, dado que la carga de trabajo del servidor no requiere de una potencia excesiva, principalmente por ser un proyecto doméstico y no comercial, este puede ser instalado en una placa RaspberryPi, reduciendo aún más los costes asociados al proyecto.

El documento presenta la siguiente estructura: el apartado 2 presenta los objetivos del estudio realizado; en el apartado 3 se muestra los detalles del desarrollo del prototipo, haciendo hincapié en cada una de las capas que lo componen; el siguiente apartado expone los resultados obtenidos; finalmente, el apartado 5, muestra las conclusiones obtenidas tras el estudio.

II. OBJETIVOS

El principal objetivo del sistema de seguridad doméstica es hacer del hogar un lugar más seguro. Es por eso que el planteamiento inicial está basado en la investigación de los requisitos necesarios a la hora de realizar un sistema de seguridad, además de analizar los requerimientos que el sistema necesite tanto en hardware como en software. Además del sistema de seguridad, se han añadido elementos comunes con un sistema domótico del domicilio que recoja una gran cantidad de datos del comportamiento de los usuarios para que, tras un tratamiento de estos, muestre información a los usuarios a través de la aplicación, pudiendo añadir más inteligencia al sistema desarrollado.

En relación con la información captada por los sensores, es necesario seleccionar aquellos dispositivos que se van a implementar en el sistema para que la seguridad del hogar sea completamente fiable. Por otro lado, se diseñan las conexiones y las interfaces entre los dispositivos que se van a utilizar para que el usuario esté informado desde cualquier sitio en tiempo real. Esta es la fuente de información para cualquier sistema de IoT [4].

Una vez seleccionados los dispositivos y diseñadas las conexiones, el siguiente objetivo es crear los programas necesarios para que los sensores y actuadores lleven a cabo las funciones que solicite el usuario propietario del sistema. Debido a que hablamos de seguridad, es necesario que el sistema funcione de forma permanente y sea capaz de activarse y desactivarse en función de las necesidades de los usuarios, mostrándose en todo momento robusto y fiable. Puesto que el tiempo es un factor clave en la seguridad, es muy importante que el sistema sea capaz de responder en tiempo real o en un tiempo muy cercano a este, permitiendo al usuario tomar las medidas oportunas de forma efectiva.

Uno de los aspectos fundamentales es contar con un sistema fiable para dar la mayor seguridad posible. Se consigue con una aplicación que autentica a usuarios para hacer un uso básico del sistema y un “administrador” para crear y eliminar usuarios, códigos QR de seguridad y una entrada numérica en un teclado numérico, entre otros.

Para el acceso al domicilio, se instalará un lector de códigos QR, de modo que cuando el usuario escanee su código, el sistema de intrusiones se desconectará y se registrará su acceso. Por otro lado, si el usuario accede al domicilio sin escanear el código podrá desconectar el sistema mediante un teclado numérico introduciendo una contraseña de cuatro dígitos.

A través de la aplicación, el usuario podrá consultar el estado de la alarma, un historial de alertas registradas, solicitar fotos a las cámaras instaladas y consultar el registro de fotos. Además, podrá introducir simulaciones de presencia, consultar estadísticas sobre los datos recogidos por los sensores y registrar y borrar nuevos usuarios en caso de ser el administrador del sistema.

III. PROCESOS DE DISEÑO Y DESARROLLO

Para la elaboración de la arquitectura del proyecto, se ha seguido una estructura en cuatro capas, una de las arquitecturas más comunes para soluciones IoT. Esta arquitectura está compuesta de las capas de percepción, transporte, procesamiento y aplicación. El hecho de emplear esta arquitectura y no la más común, de tres capas, es para conseguir una mayor abstracción en la capa de percepción y así reducir la complejidad de intercambio de datos entre los dispositivos del sistema [4]. En la Figura 1 se puede ver la arquitectura propuesta compuesta por 4 capas interconectadas entre sí.

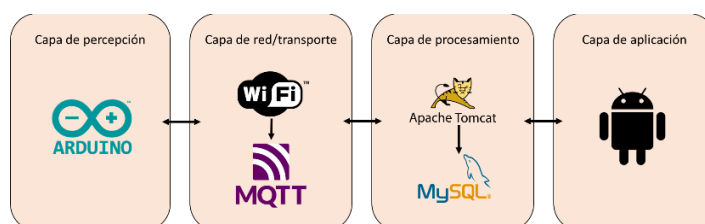


Figura 1. Arquitectura del proyecto

A continuación, se desarrolla con más nivel de detalle los componentes y funcionalidades de cada una de las capas mencionadas en el párrafo anterior.

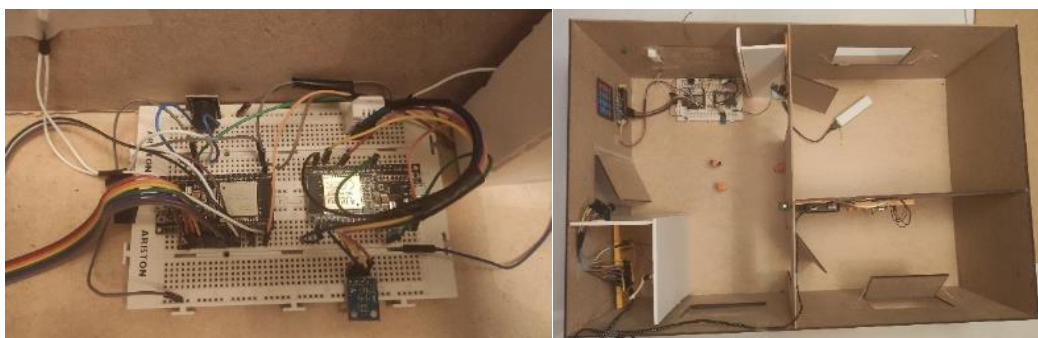
A. Capa de percepción

La capa de percepción es la capa física donde se encuentran los diferentes sensores. Su función es recoger datos de las habitaciones del domicilio para poder procesarlos y utilizarlos en capas superiores. Además, también se encuentran en ella los actuadores, que realizan determinadas acciones según los eventos que ocurren o las instrucciones y solicitudes de los usuarios.

Para la instalación del sistema, los sensores y actuadores están conectados a microcontroladores ESP-32 y, gracias a su módulo de conexión WiFi integrado, se podrá enviar la información recogida a la capa de transporte, así como recibir la información necesaria por parte de ésta.

El prototipo está dividido en dos módulos: por un lado, el sistema dispone de sensores y actuadores que permiten detectar posibles intrusiones como son sensores de movimiento, sensores magnéticos para las ventanas y puertas, cámaras de vigilancia, zumbadores para activar la alarma y display con teclado numérico para desconectar el sistema de alarma. Por otro lado, se encuentran los sensores y actuadores correspondientes a la domotización, tales como sensores de temperatura y humedad, sensores de luminosidad y detectores de humo.

En las Figuras 2 y 3 se pueden ver los sensores y actuadores conectados a cada uno de los microcontroladores. Para el montaje del prototipo se emplean tres ESP-32 y el número de microcontroladores necesarios, dependerá del número de sensores y actuadores que se deseen conectar en el sistema real.



Figuras 2 y 3. Prototipo del proyecto

B. Capa de transporte

La capa de transporte se encarga de transmitir los datos a través de la red entre la capa de percepción y las capas superiores. Para este sistema, la comunicación se realiza mediante WiFi, donde el servidor y los sensores mandan la información empleando el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) y MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), ambos basados en TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) [5].

Como se menciona anteriormente, gracias al módulo WiFi integrado en los microcontroladores ESP-32, el envío de datos mediante una conexión WiFi es sencillo de implementar y no produce errores o pérdida de datos siempre que no haya ningún problema en la propia red.

Para poder realizar el envío y la recepción de mensajes desde los sensores hasta el servidor y viceversa, se ha empleado el protocolo MQTT, el cual es un protocolo de mensajería de código abierto, ligero y fácil de implementar que sigue el patrón de comunicación publicador / suscriptor (pub-sub). Este protocolo funciona a través de “topics” a los que cada cliente se suscribe para recibir los mensajes que se envíen con dicho asunto, y se emplea en las conexiones de dispositivos IoT haciendo uso además del protocolo de transporte TCP/IP. El protocolo MQTT permite seleccionar entre tres niveles de calidad de servicio de manera que, en función del nivel, se garantiza con mayor o menor certeza que todos los mensajes se envíen y reciban correctamente. Para este sistema, se ha seleccionado una calidad de servicio de nivel 2, que garantiza que todos los receptores reciben los mensajes una vez [6]. En la figura 4 y 5 se muestran las estructuras de topics que utiliza el sistema. Está planteada de forma que se pueda realizar el seguimiento de más de un sistema de seguridad desde el servidor.

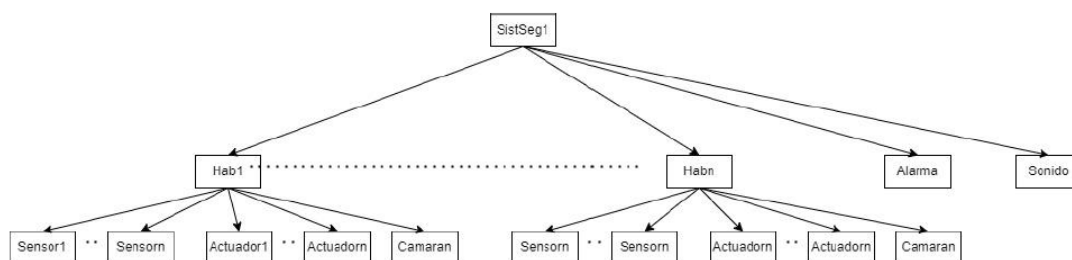


Figura 4. Estructura de tópicos enviados por los sensores y actuadores

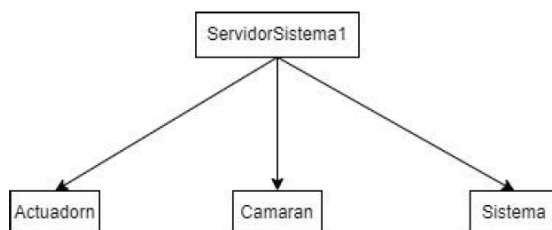


Figura 5. Estructura de tópicos enviados desde el sistema a los actuadores

C. Capa de procesamiento

Esta capa tiene la función de almacenar y tratar los datos recogidos por los sensores que se reciben a través de la capa de transporte. Esta capa está formada principalmente por 2 elementos interconectados: un servidor Web donde desplegar la aplicación del servidor, y una base de datos para almacenar la información de forma persistente.

Para desplegar la aplicación donde se implementa la lógica del sistema, se ha empleado un servidor de Apache Tomcat. En cuanto a la aplicación con la implementación de la lógica del sistema, se compone de cuatro paquetes principales desarrollados en lenguaje Java. Entre los distintos paquetes, se reparten todo el conjunto de funcionalidades de la lógica del sistema dejando el reparto del sistema de la siguiente manera:

1. **Gestión base de datos:** Para poder gestionar la base de datos del sistema, este paquete almacena una clase que representa cada una de las entidades de la base de datos. Esto último permite que, al introducir un registro en alguna tabla, se instancia un objeto de su clase y, posteriormente, se inserte. Esto facilita tanto insertar datos como recuperarlos en las consultas para mostrárselos a los usuarios. Para el correcto funcionamiento de este paquete, se hace uso de una base de datos MariaDB para poder almacenar la información recibida por los sensores; el servidor software para procesar dicha información; y para recibirla, se conecta un bróker de Mosquitto que utiliza el protocolo MQTT y que además, según los tópicos recibidos, el servidor inserta los mensajes en los campos adecuados de la base de datos.
2. **Lógica del sistema:** Para poder conformar la lógica completa del sistema, este paquete se separa en tres bloques:
 - **Registro de errores:** Proporciona la estructura necesaria para poder analizar los problemas que pueden surgir durante la ejecución de la aplicación en producción.
 - **Inicializador del sistema:** Se encarga de inicializar el sistema cuando se despliega en el servidor Tomcat. Para llevarlo a cabo, tan solo se conecta con el bróker de MQTT y se suscribe a los tópicos de cada uno de los sistemas de seguridad que haya registrados en la base de datos.
 - **Acceso a consultas de la base de datos:** Cuenta con todos los métodos que generan las consultas, inserciones y modificaciones de la base de datos. Este bloque permite simplificar la lógica del resto de las estructuras establecidas en el servidor. Desde este bloque, simplemente se introduce los parámetros necesarios para realizar la operación contra la base de datos, y se recibe un listado con la información solicitada.
3. **Protocolo MQTT:** Este paquete se encarga de implementar el protocolo MQTT de manera que el servidor se suscriba a los tópicos que se indicaron en la Figura 4, y publicar en los tópicos de la Figura 5. En este paquete además, para los valores que se asocian a un estado de peligro, se

registra una alerta en la base de datos que el usuario recibirá en la aplicación a modo de notificación. El funcionamiento de esta capa sigue la siguiente secuencia:

- Cuando el servidor se despliega, el proceso que inicializa el sistema crea una conexión con MQTT al puerto por defecto del protocolo 1883.
 - A continuación, la clase suscriptora se encarga de suscribirse a los topics de todos los sistemas de seguridad que haya en la base de datos para que cada mensaje de los sensores se registre en función del sensor que lo envía, el tipo de dato que es, la habitación donde se encuentra, y el sistema al que pertenece.
4. **Servicios HTTP:** En este paquete se recogen todos los servicios HTTP que se solicitarán desde la aplicación Android que se encuentra en la capa de aplicación, para poder mostrar en la interfaz de usuario el estado del sistema de seguridad en todo momento. Todos estos servicios del sistema responden a las solicitudes con objetos de tipo JSON, que almacenan en formato clave-valor los resultados de las consultas. Su uso permite contar con una mayor facilidad de integración con Android, por su sencillez a la hora de recoger los datos y de almacenarlos en clases utilizando las claves de cada campo recibido. Las imágenes también se envían en formato JSON, el proceso que se sigue es acceder a la ruta del almacenamiento del servidor donde se encuentra la foto que se desea obtener, se codifica, y, posteriormente, se envían a la aplicación para que los decodifique siguiendo el mismo proceso, pero a la inversa.

En relación con el almacenamiento de la información, el sistema utiliza una base de datos de MariaDB cuyo modelo Entidad-Relación está pensado de forma que el prototipo se pueda escalar a múltiples sistemas de seguridad interconectados, con varios usuarios para cada sistema y con múltiples sensores y actuadores. Gracias al uso de MariaDB se ha conseguido una conexión sencilla con el servidor mediante un pool de conexiones, y haciendo uso de un software más rápido y eficiente que el de otras bases de datos como MySQL. Aunque el prototipo desarrollado está orientado a un uso doméstico, el modelo de la base de datos ha sido diseñado con la idea de poder escalar la solución propuesta en un futuro, creando una aplicación comercial en la que convivirá la información de múltiples usuarios con múltiples sistemas de seguridad. Se almacenará un histórico de datos de los distintos sensores con la idea de que esta información pueda ser utilizada en las próximas etapas del proyecto para añadir inteligencia al sistema. En la siguiente imagen se muestra el diagrama de la base de datos desarrollada.

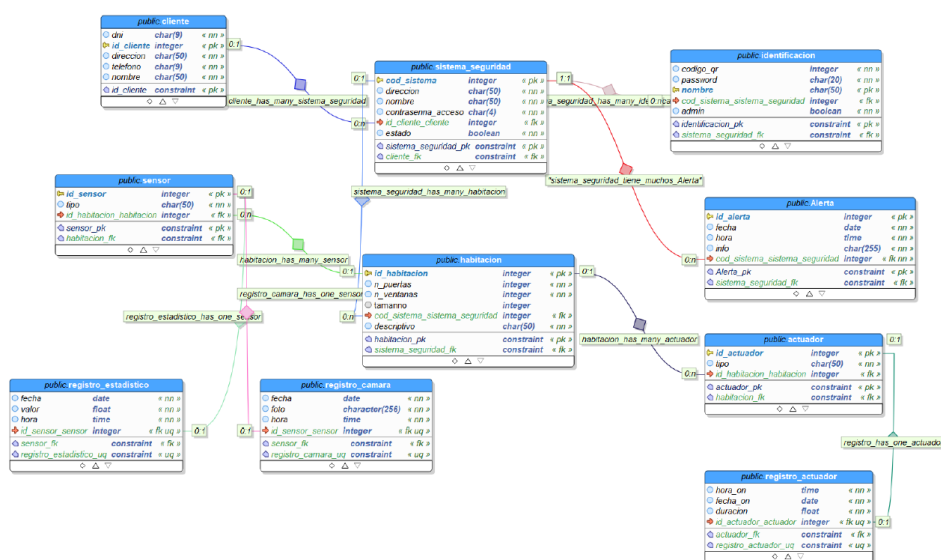


Figura 6. Modelo de base de datos del sistema

A lo largo de toda esta capa del sistema, se realiza un tratamiento de los datos recogidos para mostrar al usuario un análisis de los valores obtenidos por los sensores de temperatura, humedad, luminosidad y calidad del aire. Actualmente, se realiza un cálculo de la media de temperaturas recogidas en un periodo determinado y se informa al usuario según unos baremos si los valores están o no dentro del rango recomendado.

D. Capa de aplicación

Debido al uso generalizado de los dispositivos móviles hoy en día, se ha decidido desarrollar una aplicación Android para que el usuario pueda interactuar con el resto del sistema de forma sencilla e intuitiva. Android es un sistema operativo de código abierto que corre sobre el kernel de Linux y que se desarrolla en lenguaje Java. Esto proporciona una plataforma de desarrollo flexible que ha ganado popularidad en los

últimos años por su eficiencia y la facilidad de instalación que brinda en diferentes plataformas con los mínimos cambios [8].

La aplicación desarrollada permite a los usuarios iniciar sesión con un identificador único, y una contraseña para poder acceder a su código QR de desconexión de la alarma y al resto de funcionalidades de la aplicación que se detallan a continuación. Para poder utilizar la aplicación, es necesario que el dispositivo esté conectado a Internet porque todos los procesos que se realizan a través de la aplicación son solicitudes al servidor que devuelve las respuestas correspondientes en formato JSON para mostrarle los resultados al usuario por pantalla.

En primer lugar, cada sistema tendrá un usuario principal que será el administrador de su propio sistema. A la hora de instalar el prototipo, se registrará a este usuario como cliente en la base de datos y se le creará de forma manual un usuario de tipo administrador. La diferencia de este perfil con respecto a los demás, será que podrá realizar la gestión del resto de usuarios de ese mismo sistema. Este usuario administrador podrá crear perfiles nuevos y eliminar los que ya existen. Un usuario que no es de tipo administrador, puede acceder a toda la información de la aplicación salvo a la gestión de usuarios.

Una vez que el usuario inicia sesión, se le muestra un menú como el que podemos observar en la Figura 6. Este menú corresponde al tipo de usuario administrador, la diferencia con el del resto de usuarios es que el otro menú no contiene la opción “Administrar Usuarios”. A continuación, se detalla la funcionalidad de cada una de las opciones disponibles.



Figura 7. Menú principal de administrador del sistema

En el menú de habitaciones, los usuarios pueden seleccionar una de las habitaciones registradas en la base de datos para su sistema de seguridad y consultar la última medida recogida por los sensores de temperatura, humedad, luminosidad y calidad del aire. Además, desde esta pantalla podrán acceder al menú de estadísticas, donde podrán de nuevo seleccionar una habitación del sistema e introducir un periodo de tiempo: día, semana, mes, año. También debe seleccionar una fecha de inicio del periodo y el sensor que se desea consultar. La aplicación recogerá los datos de ese sensor en la habitación indicada y mostrará en una gráfica todos los datos recogidos durante ese periodo de tiempo. Podemos ver un ejemplo en la Figura 7.

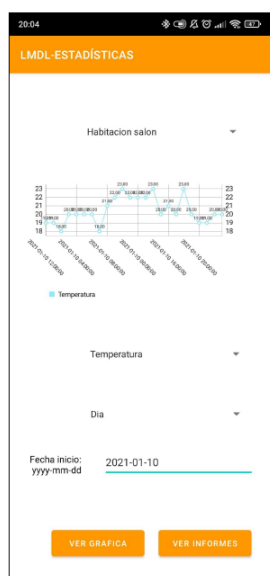


Figura 8. Pantalla de estadísticas de datos recogidos

Si el usuario pulsa el botón de “Ver Informes”, se le mostrarán los valores mínimo, máximo y medio de los datos que se muestran en la gráfica. Además, podrá ver la evaluación global de los resultados como se indica anteriormente.



Figura 9. Menú del sistema de seguridad

Por otro lado, el usuario puede controlar desde la aplicación todo el sistema de seguridad ante intrusiones pulsando el botón “Seguridad”. Este botón da acceso a otra pantalla con un nuevo menú con cinco opciones como el de la Figura 7.

- En primer lugar, una pantalla donde aparecerá el historial de alertas de la aplicación en una tabla. En este historial se muestran las conexiones y desconexiones del sistema, el usuario que las realiza, si un sensor de movimiento o magnético se activa, si la cámara realiza alguna fotografía o si el sistema se desconecta a través del código QR o el teclado numérico.
- La segunda opción permite consultar las cámaras instaladas en el sistema. Se mostrará un desplegable con las cámaras disponibles y accediendo a cada una de ellas se podrán consultar todas las imágenes recogidas por la cámara, así como solicitar una imagen al momento. La cámara realiza fotos automáticamente cuando se produce alguna situación de peligro.
- El botón “Registros Actuadores” permite realizar dos acciones principales: simular presencia activando el zumbador que hace ruido durante los segundos que se indiquen para que parezca que hay personas en casa y ver los registros de los actuadores en forma de tabla. Por ejemplo: la persiana se ha bajado o se han activado los rociadores al detectar humo.
- La opción de “Estado de alarma” muestra un candado cerrado de color rojo si el sistema está conectado y uno verde si está desconectado. Si el usuario pulsa el botón de esa pantalla, la aplicación enviará una solicitud de conexión/desconexión para cambiar el estado de los sensores del sistema de seguridad.
- Finalmente, la opción de “Ver mi QR” muestra un código QR que es distinto cada vez que el usuario lo solicita y que almacena la información del usuario para que, al escanearlo con la aplicación de lectura, se consulte a la base de datos si ese usuario está registrado y en caso correcto, que el sistema se desconecte.

Por último, la aplicación implementa un sistema de notificaciones que reciben los usuarios que hayan iniciado sesión en la aplicación. Las notificaciones que se muestran a cada usuario son las de todas las alertas que no haya provocado él mismo.

IV. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Según las pruebas realizadas sobre el prototipo desarrollado y tras evaluar los resultados obtenidos durante este proceso, se concluye que el sistema ofrece la funcionalidad esperada teniendo en cuenta los recursos disponibles para su puesta en marcha. Al tratarse de un prototipo, las conexiones entre dispositivos

mediante el protocolo MQTT, pueden sufrir pérdidas o retrasos debido a la latencia y la situación de la red en cada momento. Este modelo solo se ha probado utilizando una red local para conectar la aplicación móvil con el resto de las capas del sistema y, para utilizarlo de forma funcional conectando desde el exterior, sería importante aplicar más medidas de seguridad a la hora de proteger los datos mediante encriptación de claves y usuarios, no utilizar puertos por defecto, proteger el servidor Tomcat, etc. Aun así, los datos obtenidos permiten comprobar que el prototipo es funcional y cumple con los objetivos planteados al comienzo del documento. La finalidad principal de este estudio es proporcionar un sistema que integra en una sola aplicación la monitorización ambiental de los domicilios con la aplicación de alarma de intrusiones al uso.

Tras terminar con esta primera versión del prototipo y finalizado el análisis de los resultados obtenidos, es posible realizar una primera implementación en un domicilio real para comprobar el rendimiento a largo plazo del sistema. Esta fase actualmente se encuentra en desarrollo y se espera obtener suficientes datos para analizar el comportamiento del sistema y poder corregir y mejorar aquellos aspectos que permitan una mejor experiencia del usuario y además, aumenten la seguridad del sistema. Una vez implantado el prototipo en un escenario real, el siguiente paso será evaluar la seguridad de la información, evaluando la seguridad de los protocolos utilizados y valorando el cambio por otros más seguros.

V. CONCLUSIONES

Este artículo presenta el desarrollo de un sistema de seguridad y domotización de domicilios que permite monitorizar el estado ambiental de cada una de las estancias de la vivienda donde se instala el prototipo y consultar toda la información y análisis de datos recogidos mediante una aplicación móvil. El prototipo desarrollado es adaptable y escalable a múltiples sistemas, más sensores y habitaciones, usuarios y facilidades que permitan al usuario un control exhaustivo del estado del sistema.

Este proyecto está enfocado a implementar un modelo de inteligencia artificial que realice un análisis correcto de los datos recogidos en distintos sistemas para poder informar al usuario de los datos que se esperan en el futuro y así, obtener conocimiento además de información.

La diferencia con otros sistemas de este tipo que existen en el mercado, es que este modelo integra un sistema de seguridad doméstica que protege al usuario de riesgos como intrusiones o robos, con un sistema de control y monitorización ambiental que protege al usuario teniendo en cuenta las recomendaciones de luminosidad, temperatura, humedad y calidad del aire para una vivienda.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. -H. Han, Y. Jeon and J. Kim, "Security considerations for secure and trustworthy smart home system in the IoT environment," 2015 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2015, pp. 1116-1118, doi: 10.1109/ICTC.2015.7354752.
- [2] J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] S. K. K, S. Sahoo, A. Mahapatra, A. K. Swain and K. K. Mahapatra, "Security Enhancements to System on Chip Devices for IoT Perception Layer," 2017 IEEE International Symposium on Nanoelectronic and Information Systems (iNIS), 2017, pp. 151-156, doi: 10.1109/iNIS.2017.39.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known" unpublished.
- [5] W. Liping and L. Liding, "Research on Data Integrity Detection Method Based on Security Perception Layer of Internet of Things Architecture," 2020 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), 2020, pp. 199-202, doi: 10.1109/ICRIS52159.2020.00057.
- [6] Ma HD. (2011). "Internet of things: Objectives and scientific challenges". Journal of computer science and technology 26 (6): 919-924.
- [7] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, Fourthquarter 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [8] A. Sarkar, A. Goyal, D. Hicks, D. Sarkar and S. Hazra, "Android Application Development: A Brief Overview of Android Platforms and Evolution of Security Systems," 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), 2019, pp. 73-79, doi: 10.1109/I-SMAC47947.2019.9032440.

El juego como actividad estructurante en el aprendizaje de la programación

The game as a structuring activity in programming learning

Prof. Alejandro Miños

Consejo de Formación en Educación, Instituto Normal de Enseñanza Técnica, Uruguay
alejandromifa@gmail.com

Prof. Rodrigo Herrera

Dirección General de Educación Secundaria, Uruguay
rodrigoh79@gmail.com

Resumen — Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la institución educativa es que la misma resulte motivante para los alumnos, maximizando el interés en las actividades y las posibilidades de generar aprendizajes en los estudiantes. Una forma de motivar a los alumnos es a través del juego, el cual en el mejor de los casos, se convierte en estructurante de la actividad. Desde esta perspectiva, el juego no es un fin en sí mismo, sino un medio para lograr aprendizajes en los alumnos. Este trabajo describe una secuencia didáctica para el aprendizaje de la programación usando Scratch en enseñanza media básica, con el juego como eje central de la misma, articulando contenidos disciplinares. Se proponen tres juegos, describen los contenidos trabajados, su secuenciación y el tiempo dedicado a cada uno de ellos.

Palabras clave; *didáctica de la informática; programación; secuencia didáctica.*

Abstract — One of the main challenges that the educational institution faces is that it be motivating for the students, maximizing the interest in the activities and the possibilities of generating learning in the students. One way to motivate students is through games, which in the best of cases, become the structure of the activity. From this perspective, the game is not an end in itself, but a means to achieve learning in students. This work describes a didactic sequence for learning programming using Scratch in basic secondary education, with the game as its central axis, articulating disciplinary contents. Three games are proposed, they describe the contents worked on, their sequencing and the time dedicated to each one of them.

Keywords; *informatics didactics; programming; didactic sequence.*

I. INTRODUCCIÓN

La informática se ha convertido en una de las grandes áreas de conocimiento a ser estudiada en la enseñanza secundaria, siendo un caso particular el de la enseñanza media básica (tres primeros años de la enseñanza post primaria). En los programas de la asignatura informática una de las unidades temáticas que en general es estudiada, desde la concepción de la informática como disciplina científica [1], lo constituye la programación. La enseñanza de la programación en este nivel en general no es un fin formativo en sí mismo, sino que se constituye en un medio para lograr otros objetivos o competencias. Desde esta perspectiva, en enseñanza media básica no se enseña programación con el fin de lograr formar programadores o personal calificado que luego se inserte en el mercado laboral.

En el caso del sistema educativo uruguayo, la asignatura Taller de Informática está presente en primer y segundo año de enseñanza media básica en la Dirección General de Educación Secundaria, Ciclo básico, con un total de 4 horas semanales de clase (cada hora de clase de 45 minutos) [2]. En este nivel educativo, la inclusión de la programación en el currículo se vincula con el desarrollo de habilidades de pensamiento y lenguaje científico, fomento del pensamiento computacional y trabajo colaborativo, entre otros [2]. Si bien la asignatura Informática también está incluida en el Ciclo básico del Consejo de Educación Técnico Profesional, pero con 2 horas semanales, este trabajo no hará referencia a este Consejo.

En el contexto indicado la edad de los alumnos y sus intereses se transforma en una variable fundamental a la hora de planificar las actividades de enseñanza. Es así que resulta necesario realizar actividades que resulten motivantes y así fomentar el interés en los contenidos y la actividad [3]. Si bien es necesario apelar a recursos y tareas que motiven al estudiante, no se debe olvidar que la institución educativa tiene un objetivo esencialmente académico, por lo que la motivación no será un fin, sino que un medio para lograr y lograr aprendizajes. Dicho de otro modo, toda actividad que motive a los estudiantes se justifica en tanto y cuanto la misma coadyuve a generar aprendizajes académicos; debiéndose tener en cuenta que puede ser un fin académico la adquisición de habilidades actitudinales.

Es así que uno de los desafíos con los que se debe enfrentar todo docente es la construcción de secuencias didácticas [4] que resulten adecuadas para lograr aprendizajes en los estudiantes, siendo un caso particular aquellas a realizar cuando el contenido a enseñar está asociado a la programación. En este contexto el docente debe tomar decisiones didácticas [3], las cuales consisten entre otras cosas en optar por cómo trabajar los contenidos fundamentales de programación y la construcción de actividades adecuadas. Para el caso de los contenidos disciplinares el docente deberá tener en cuenta las características del mismo, su relación con otros saberes y la integración adecuada en un problema o actividad. Al mismo tiempo es fundamental que estas actividades, que se relacionan con la programación, resulten motivantes a los estudiantes, que fomenten que estos últimos quieran aprender y estudiar el contenido propuesto por el docente.

Las formas de motivar a los estudiantes son múltiples, pudiendo centrarse en la afiliación, el poder o el logro [3]. Destaca particularmente la motivación por el logro, donde la misma se asocia a que los estudiantes comprendan que pueden y son capaces de resolver los problemas planteados. Sin embargo lo anterior no es suficiente, pues previamente a lo dicho es necesario que el estudiante quiera realizar la actividad, involucrarse activamente en ella y no sea un mero receptor de saberes determinados por el docente. De este modo la propia consigna de la actividad presentada debe ser tal que genere curiosidad e interés por su resolución.

Una de las formas de lograr lo anterior, consiste en la realización de juegos en los cuales clase a clase se incorpora un nuevo concepto o procedimiento [5] y están orientados a emular un juego que ya existe [6]. Este tipo de actividades se ha visto que resulta interesante para los alumnos, captando su atención y permitiendo así dirigir los esfuerzos de los mismos. Para que la actividad resulte motivante es necesario conocer al grupo, hacer un buen diagnóstico inicial y adaptar el trabajo en función de la respuesta de los estudiantes. Al mismo tiempo es posible que el propio juego sea estructurante de la actividad, que le dan sentido y permita hacer que los contenidos y objetivos se integren de forma natural. Para lograr lo anterior es necesario planificar cuidadosamente la progresión del trabajo, la incorporación de nuevos contenidos y su relación con el juego en sí mismo. En caso de no lograrse la adecuada secuenciación de actividades, y contenidos, se corre el riesgo que la primera no sea otra cosa que una sumatoria de los segundos, coherentes desde la disciplina, pero no desde la actividad que se planifica.

Otro elemento a considerar es el lenguaje usado, Scratch en este caso, El lenguaje se muestra como un buen primer lenguaje de programación en un curso post primario, que permite el aprendizaje los conceptos fuertes de programación [7]. Al mismo tiempo Scratch se muestra como un lenguaje de fácil uso y aprendizaje, con sintaxis reducida, el cual permite la integración de conocimientos de distintas áreas o disciplinas [8]. Las fortalezas de Scratch son tales que permite la construcción de programas que se integran con creciente complejidad [9]. Por último decir que Scratch destaca como un lenguaje de programación que permite el desarrollo de competencias que además de aplicar a la informática, también lo hace para otras asociadas a la comunicación o el lenguaje [10], en particular cuando las mismas se relacionan a actividades lúdicas [11].

II. SECUENCIA DE ACTIVIDADES

Se presenta una secuencia de actividades donde se trabajan contenidos de programación en Scratch para estudiantes de la asignatura Taller de Informática de Ciclo básico de la Dirección General de Enseñanza Secundaria. En nuestro caso se opta planificar la unidad didáctica de programación en función de tres actividades principales, juegos, sobre los cuales se articulan los contenidos programáticos.

Cada juego se desarrolla durante tres clases de dos horas pedagógicas de 45 minutos, seis horas en total. La primera hora de cada clase se orienta al trabajo con aquellos contenidos ya vistos por el alumno, que permiten ejercitar y profundizar los conocimientos adquiridos, siendo esto parte fundamental del proceso de aprendizaje [12]. La siguiente hora se usa para introducir los nuevos contenidos, para los cuales se procura que los estudiantes identifiquen su necesidad y pertinencia, buscándose generar situaciones de acción didáctica [13]. Dada la importancia de la computadora en el proceso de aprendizaje de la programación en enseñanza media y su didáctica [14], es que la presentación, análisis y trabajo con los nuevos contenidos se hace con uso de la misma; y no desde el análisis de soluciones en las cuales las mismas no se prueban y analizan sin el uso de la computadora. A su vez el primer día de cada actividad (que como dijimos está compuesta por un total de 6 horas pedagógicas), se presenta el juego, analiza sus características y grandes elementos constitutivos, procediendo a una descomposición del problema (objetos y las relaciones entre los mismo, eventos, condiciones de victoria o finalización, etc.).

La solución al juego propuesto por el docente, que es trabajada en las clases, no exime que algunos estudiantes incorporen nuevas sentencias a la solución (como sonidos o un manejo más intensivo de los disfraces) u opten por hacer modificaciones personales que entienden personalizan y mejoran la programación del juego (como hacer énfasis en el manejo de eventos para mover los objetos o en el diseño de los mismos, por ejemplo). Debe tenerse en cuenta que la dificultad de cada uno de los juegos es ligeramente superior al anterior, por lo que la aplicación de contenidos en la primer hora de cada clase implica necesariamente la resolución de problemas más complejos que el anterior.

Tabla I muestra los juegos usados: la descripción de los mismos, los principales contenidos y la descripción de qué objetos y acciones se programa en cada una de las clases de las tres asociadas para cada juego.

TABLA I JUEGOS, CONTENIDOS Y CLASES PARA SU SOLUCIÓN

Nombre y descripción de juego	Contenidos	Clases y programación
Bosque encantado Un caballero (jugador) debe llegar a su castillo atravesando un bosque lleno de enemigos. Caballero: su objetivo es llegar al castillo sin ser atrapado por los enemigos, de ser así el juego termina (PERDER). Únicamente puede moverse a la izquierda o derecha. Fantasmas: se mueven verticalmente rebotando en bordes Bruja: tiene un movimiento “diagonal” rebotando en bordes	Estructura de repetición por siempre, estructura de selección simple. Condiciones y eventos	Programar enemigos: “fantasma” y “bruja” Programar “caballero” (controles) Programar interacciones y finales
Lluvia de meteoritos El jugador controla una NAVE que se mueve en la parte inferior de la pantalla con el objetivo de resistir el mayor tiempo posible a una lluvia de meteoritos. El movimiento de la nave se controla de izquierda a derecha solamente. Los meteoritos aparecen en la parte superior de la pantalla aleatoriamente y mueven hacia abajo. Si un meteorito golpea la nave se pierde una vida. El juego termina cuando ya no quedan vidas. Un contador de tiempo inicia al comenzar un juego y el jugador cuenta con 3 vidas.	Variables para la construcción de contadores (en este caso VIDAS) Saberes previos: Estructura de repetición por siempre, estructura de selección simple, Condiciones Eventos	Programar “nave” Programar “meteoritos” e interacciones Programar final de juego, contador de vidas
Tiro al blanco El jugador controla el lanzamiento de un dardo. El objetivo del juego es explotar la mayor cantidad de globos en 1 minuto. El juego finaliza luego de terminado ese tiempo. El dardo se lanza desde la izquierda de la pantalla al presionar una tecla. Antes de ser lanzado se mueve continuamente en forma vertical dificultando en tiro. En caso de darle a un globo se suma un punto, luego de finalizado el tiro el dardo vuelve a la posición inicial. El gato suelta los globos continuamente que pueden subir hasta la parte superior de la pantalla o explotar por el dardo.	Repetir hasta que (condición) Saberes previos: Estructura de repetición por siempre, estructura de selección simple, Condiciones Eventos Variables.	Programar “dardo” Programar “globo” Programar final de juego, contador de puntos.

Figura 1 muestra las tres pantalla de presentación de los juegos indicados y cuyo diseño de escenario es proporcionado por el docente. Obsérvese lo dicho previamente en el sentido que algunos alumnos podrán verse tentados en modificar el diseño de meteoritos, el movimiento de un fantasma o modificar el objeto que suelta los globos (el gato de Scratch) del juego Tiro al blanco.

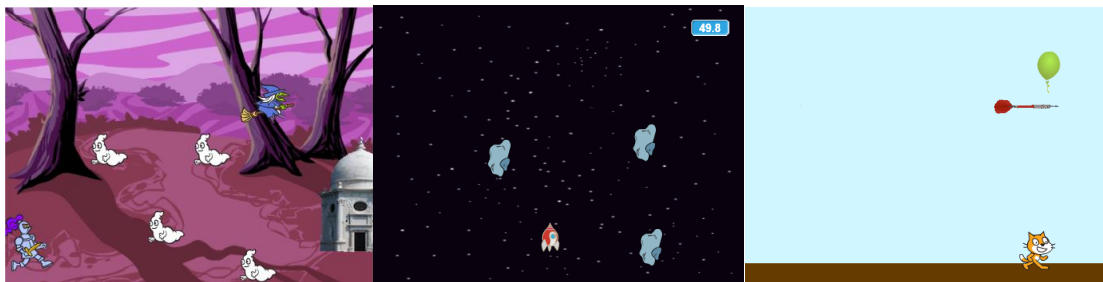


Figura 1. Pantalla de presentación del juego Bosque encantado, Lluvia de meteoritos y Tiro al blanco respectivamente.

III. CONCLUSIONES

Si bien la secuencia presentada no se ha comparado con otras en las cuales el juego no se considere como elemento constitutivo y estructurante, se está en condiciones de afirmar que la misma es vista como positiva por los alumnos. En efecto, se ha percibido la motivación de los estudiantes, su interés por la actividad y el deseo de resolverla. Al mismo tiempo se ha constatado que los estudiantes han logrado resolver las situaciones problemas. Por lo expuesto se entiende viable el trabajo con actividades como las planteadas, debiendo ser especialmente cuidadosos en la correcta secuenciación y progresión de contenidos.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. J. Denning, "Is computer science science?" en *Communications of the ACM*, 48(4), 27, 2005
- [2] Dirección General de Enseñanza Secundaria. Planes de asignaturas. Recuperado de <https://www.ces.edu.uy/index.php/propuesta-educativa/20234>, 2016.
- [3] E. Fiore y J. Leymonié. Didáctica práctica para Enseñanza Media y Superior. Montevideo, Editorial Grupo Magro, 2007.
- [4] S. Antúnez, L. del Carmen, F. Imbernon, S. Parcerisa y A. Zabala. Del proyecto educativo a la programación de aula. España, Editorial GRAÓ, 1992.
- [5] A. Miños, "Primer curso de programación en Enseñanza Media: la experiencia con scratch" en *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 5(1), 2014, pp. 47 – 54.
- [6] R. Muñoz et al., "Uso de Scratch y Lego Mindstorms como apoyo a la docencia en Fundamentos de programación" en *Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática*, Universitat Oberta La Salle, Julio de 2015, pp. 248 – 254.
- [7] U- Wolz, H. Leitner, D. Malan y J. Maloney, "Starting with scratch in CS 1" en *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '09*, 2009
- [8] J. Maloney, M. Resnick, N. Rusk, B. Silverman y E. Eastmond, "The scratch programming language and environment" en *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 10(4), 16, 2010.
- [9] M. Resnick et al., "Scratch: programming for all" en *Communications of the ACM*, 52(11), pp. 60 – 67, 2009.
- [10] C. Scaffidi y C. Chambers, "Skill progression demonstrated by users in the Scratch animation environment" en *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(6), pp. 383 – 398, 2012.
- [11] E. Vázquez-Cano, y D. Delgado, "La creación de videojuegos con Scratch en Educación Secundaria" en *Communication papers*, 4(06), pp. 63 – 73, 2015.
- [12] N. Talyzina, "The Computerization of Learning – ScientificFoundation" en *Soviet Psychology*, 27(1), pp. 79 – 88, 19889.
- [13] G. Brousseau, "La théorie des situations didactiques" en Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de de Universidad de Montréal, Montréal, Canadá, 1998.
- [14] A. Miños, "Elementos estructurantes de la Didáctica de la Informática" en *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 8(14), 2017, pp. 100 – 110.

SAP: El Castillo Mágico

SAP: The Magic Castle

Rojas Rojas J. S, Cáceres Pineda P. J., Vallejo Aranda A. Y.,
Sandoval Villamizar I.T.

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia

jhoansebastian.rojas@ustabuca.edu.co, piterjhoseph.caceres@ustabuca.edu.co,
angiejulieth.vallejo@ustabuca.edu.co, idriss.sandoval@ustabuca.edu.co

Resumen — El presente artículo enseña la creación de un video juego diseñado en el software Unity en 2d tipo plataformas con diversos mobs y diferentes personajes, en el cual se recolecta varios ítems (materiales de construcción, herramientas, entre otras), de esta manera se busca fomentar a las personas amantes a los video juegos las maravillas de la construcción y viceversa.

Palabras clave; Aprendizaje; Interacción; Programación; Unity.

Abstract — This article show the creation of a video game designed in Unity software in 2d platform type with various mobs and different characters, in which various items are collected (construction materials, tools, among others), in this way it seeks to promote to people who love video games the wonders of construction and vice versa.

Keywords; Learning; Interaction; Programming; Unity.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las pasiones del grupo son los video juegos, con esta idea en mente se plantea la siguiente pregunta, ¿Qué programa podría unir los conocimientos adquiridos en el espacio académico lógica de programación con una de las cosas que más le gusta al grupo?, de ahí nació el proyecto SAP: El Castillo Mágico un video juego, en el cual se mezclaran diferentes características de algunos juegos conocidos y conocimientos de ingeniería civil.

La importancia de este juego radica en el aprendizaje didáctico de los materiales, herramientas y equipos utilizados normalmente dentro de una obra civil, esto de forma divertida, para que no parezca una obligación o requerimiento, y así poder encender la chispa dentro de los posibles futuros ingenieros y mantener la llama encendida de los que ya tienen conocimiento.

En el siguiente esquema se observa los pasos más importantes al desarrollar el videojuego.



Figura.1 Fuente propia. Diagrama elaboración Castillo mágico

II. MARCO TEÓRICO

Unity es lo que se conoce como un motor de desarrollo o motor de juegos. El término motor de videojuego, game engine, hace referencia a un software el cual tiene una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un entorno interactivo; es decir, de un videojuego. [7] La herramienta para digitar códigos dentro de Unity se llama Microsoft

Visual Studio, es un entorno de desarrollo integrado para diferentes plataformas como Windows y macOS, este recibe múltiples lenguajes de programación, tales como C++, C#, Visual Basic .NET, F#, Java, Python, Ruby y PHP. [8] Piskel trata de una herramienta de diseño sumamente sencilla, que puede ser usada tanto por profesionales en el área como por aficionados o inexpertos, puesto que, cuenta con una gama moderada de funciones básicas que permiten desarrollar de manera fácil y rápida diseños relacionados a creación de Gift animados, ilustraciones Píxel Art y a lo que se conoce como Sprites, término utilizado en el campo de desarrollo de videojuegos. [9] En el desarrollo de videojuegos, se entiende como 2D aquellos juegos que utilizan gráficos que solo tienen 2 de las 3 dimensiones posibles. Se debe recordar que existen 3 dimensiones que son anchura, altitud y profundidad. Pues los videojuegos en 2D tan solo solo utilizan el ancho y el alto para la representación gráfica de sus escenarios y protagonistas. Para las computadoras es mucho más fácil procesar los videojuegos que se realizan en 2D, ya que necesitan menos recursos para sacarlos. Durante muchos años fue el gran protagonista en el mundo de los videojuegos, pero ahora casi toda la industria trabaja por mejorar al máximo los gráficos en 3D y tan solo se utiliza el 2D con una finalidad estética. [10].

III. CODIFICACIÓN

Al programar el videojuego se hace uso de algunos códigos descritos a continuación los cuales estarán disponibles en la referencia [1] ahí mismo podrá encontrar el link de descarga del videojuego.

PlayerMove es el código, con el cual se programó los diferentes movimientos que realiza el personaje principal del video juego, iniciando con las letras, las cuales se deben pulsar para moverse (A, W, D), luego asignándose la fuerza del salto y la velocidad de movimiento.

PlayerRespawn es el código, con el cual se programa que sucede después de la muerte del personaje principal, en síntesis, su función es reiniciar el nivel cuando el personaje gasta sus tres vidas (cascos).

Manager es el código, con el cual se programa el avance de los niveles, es decir, cuando el personaje recoge todos los materiales se activa la animación y se avanza al siguiente nivel.

DamageObject es el código, con el cual se programaron los objetos y enemigos, para que estos le realizaran daño al personaje principal, por ejemplos los pinchos, los carros, entre otros.

Collected es el código, con el cual se programan los sprites para ser recolectados por el personaje principal.

OpenDoor es el código que se utiliza en el menú principal con el cual se puede acceder a todos los diferentes niveles por medio de unas puertas.

UI es el código, con el cual se programó la opción de pausa dentro del video juego.

Créditos es el código, el cual se utiliza para la animación y ejecución de los créditos, dentro de él se encuentra las variables necesarias para pasar de los créditos hacia el menú principal.

IV. SPRITES

Al realizar el videojuego se implementó diferentes sprites, a continuación, se pueden observar los más importantes:

Sprites			
Personaje Principal	Princesa	Moco Verde	Fantasmin
			
Casco – Vidas	Cemento	Cubeta	Pala
			
Tubo	Martillo Hidraulico	Roca	Asfalto
			
Madera	Pica	Vidrio	Castillo Logo
			

Figura.2 Fuente propia. Vallejo A, Cáceres P y Rojas J. (2021). Sprites

V. NIVELES

A. Inicio

En la parte inicial del videojuego o también considerado inicio, se encuentra el logo del videojuego, un Sprite en forma de Castillo , con el cual se dará inicio al juego cuando el Sprite del personaje principal lo coja, también cabe recalcar que la creación de cada uno de los niveles se realizó a través de una paleta de creación, en este inicio no se presenta ninguna animación. Dentro de este menú también se encuentra un canva el cual tiene un texto de bienvenida y que incluye el nombre del videojuego: “Bienvenidos a SAP: El castillo mágico”.

B. Menú Principal

A continuación, se encuentra un Menú Principal, el cual consta de entradas para los diferentes niveles del videojuego, claramente cada entrada se va desbloqueando a medida de qué el jugador va pasando los niveles, cuenta con diferentes canvas los cuales indican a que nivel lleva cada puerta y en la esquina superior derecha al momento de posicionarse en el centro de la puerta se muestra un texto el cual dice: “Pulsa E para comenzar”, este Menú Principal se presentará una vez el personaje principal termine un nivel dándole la oportunidad de pasar al siguiente nivel o repetir el que acaba de terminar.

C. Primer Nivel

El primer nivel, el nivel del desierto, el cual se puede asemejar a un terreno baldío dentro de la construcción, en él se encuentran los Sprites de cubeta, pala, entre otros junto a los sprites de los enemigos de este nivel, también están las animaciones de los enemigos; una novedad en este nivel es que se ve la primera inclusión de vidas representadas por un Sprite de casco para el personaje principal y se encuentra unos sonidos envolventes que va dando pie al nivel.

D. Segundo Nivel

Este es el nivel de agua, dónde se representa el área de hidráulica dentro de la ingeniería civil, donde se encuentran los Sprites de martillo hidráulico, cemento, Roca, asfalto, pica y aleta de tiburón, todos ellos creados por los autores del vídeo juego, las animaciones dentro de este nivel son los enemigos de piedra y cabeza puntiaguda.

E. Tercer Nivel

El tercer nivel es el nivel referente a las vías dentro de la construcción, una de las principales áreas, dentro de este nivel se ve reflejada la parte de los autos dentro de las vías, esto gracias a los diferentes Sprites presentados; en este nivel se encuentran las animaciones de los autos, una plataforma móvil y la inclusión de un nuevo enemigo, además, se ve una gran banda sonora que le da un ambiente mejor al vídeo juego.

F. Cuarto Nivel

En el cuarto nivel – parte 1 se encuentra la entrada al castillo de los jefes finales, para acceder a él se necesita de una llave la cual se encuentra en el propio nivel, en él se ubican los sprites de nube, bluebird y el castillo de los villanos, dentro de él se ven las animaciones de movimiento de las nubes y pájaros, su banda sonora es para muchos representativa de su infancia y en él se da comienzo al final de la aventura. El cuarto nivel – parte 2 es el último nivel dentro del vídeo juego donde se da el enfrentamiento tan esperado entre el héroe “personaje principal” y los villanos, para rescatar a la princesa, en este nivel se recogen diferentes artículos los cuales le pertenecen a la princesa o hacen referencia a la misma, la banda sonora en este nivel da un ambiente tenso en el momento de la lucha. En la parte final del videojuego en el cual el personaje principal no es manejado por nadie, sino que ya está preprogramado para realizar una serie de movimientos, con los cuales se pone fin a la búsqueda del héroe.

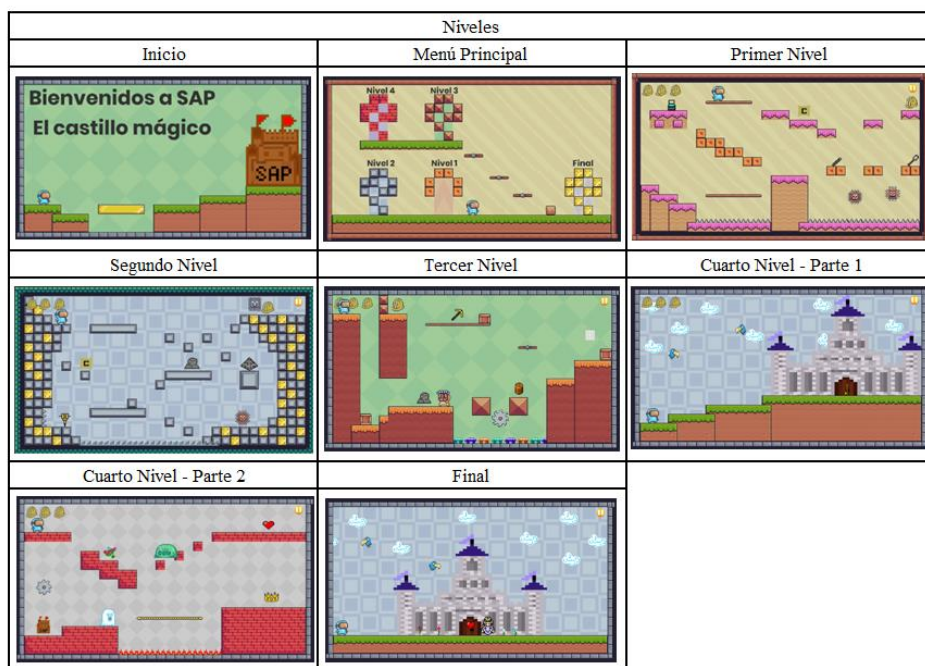


Figura.3 Fuente propia. Vallejo A, Cáceres P y Rojas J. (2021). Parte Final del videojuego

VI. CONCLUSIONES

Se logró la creación del video juego (SAP: El Castillo Mágico), por medio de la culminación total de los niveles. Además, se obtuvo la unión entre el video juego y las áreas de la ingeniería civil, que fue lo que en un principio se planteó. Finalmente, se utilizaron los conocimientos adquiridos en el área para la programación del video juego y del software Unity Pixel Adventure.

VII. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a nuestra tutora la Ingeniera Idriss Tyler Sandoval, quien con sus conocimientos y apoyo nos guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscábamos. También queremos agradecer al canal de YouTube Luis Canary por brindarnos todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de la creación del videojuego. Por último, queremos agradecer a todos nuestros compañeros y familias, por apoyarnos aun cuando los ánimos decaían. En especial, queremos mencionar a nuestros padres, que siempre estuvieron ahí para darnos palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] https://mailustabucaedu-my.sharepoint.com/:f/g/personal/jhoansebastian_rojas_ustabuca_edu_co/ErrvqrowepFBqj9MxvM0W5YBNJNelOwfoXFNF5jQWbQAkQ?e=ugnSMN
- [2] Milenio Digital. (2020, 9 julio). Mario Bros, origen e historia del videojuego. MILENIO. <https://www.milenio.com/tecnologia/videojuegos/mario-bros-origen-e-historia-del-videojuego>
- [3] Voorhees, J. (2017, 8 julio). Game Day: Poly Bridge. MacStories. <https://www.macstories.net/reviews/game-day-poly-bridge/>
- [4] Mb, F. (2020, 6 julio). Todos los juegos de la saga Castlevania ordenados de peor a mejor. Vidaextra. <https://www.vidaextra.com/listas/todos-juegos-saga-castlevania-ordenados-peor-a-mejor>
- [5] Espeso, P. (2016, 2 febrero). ¿Qué es Minecraft, en qué consiste y por qué todo el mundo habla de él? EDUCACIÓN 3.0. <https://www.educacionrespuntocero.com/noticias/que-es-minecraft-educacion/>
- [6] Tecnósfera&Nbsp;, R. P. L.-. (2020, 18 mayo). Juegos móviles 'made in' Colombia que puede descargar ahora mismo. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/12-grandes-videojuegos-para-su-celular-hechos-por-colombianos-496550>
- [7] colaboradores de Wikipedia. (2021, 26 mayo). Unity (motor de videojuego). Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_\(motor_de_videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_videojuego))
- [8] Ranchal, J. (2021, 19 abril). Microsoft anuncia Visual Studio 2022 para estreno en verano. MuyComputer. <https://www.muycomputer.com/2021/04/20/visual-studio-2022-microsoft/>
- [9] Lujan, A. (2019, 10 diciembre). ¿Qué es Piskel y para qué sirve? Foro.Today. <https://foro.today/threads/que-es-piskel-y-para-que-sirve.141/>
- [10] Caurin, J., & Caurin, J. (2019, 26 abril). Videojuegos 2D | ¿Qué significa Videojuegos 2D? Geekno. <https://www.geekno.com/glosario/videojuegos-2d>

Affective computing: análisis de emociones para una mejor experiencia de usuario

Affective computing: emotion analysis for a better learning experience

Enrique Hortal

Maastricht University, Países Bajos

enrique.hortal@maastrichtuniversity.nl

Resumen — La detección de emociones del usuario puede utilizarse para mejorar la experiencia del mismo en un entorno de interacción hombre-máquina. En este artículo se presentan varios ejemplos de aplicación de técnicas de affective computing en el entorno educativo describiendo trabajos relacionados con el análisis de emociones. En estos trabajos, la detección del estado emocional del estudiante (según el modelo de *Theory of flow*) sirve como base para la adaptación y personalización en tiempo real de una plataforma de e-learning con el fin de potenciar la adquisición de conocimientos. Además, se presentan algunas líneas de investigación actuales en la materia, en este caso basados en la adquisición de habilidades interpersonales para promover la inclusión social.

Palabras clave; *affective computing, personalización, adaptación, e-learning, asistencia.*

Abstract — The detection of user emotions can be utilized to improve the user experience in a human-machine interaction environment. This article presents several examples of the application of affective computing techniques in the educational environment, describing works related to the analysis of emotions. In these works, the detection of the emotional state of the student (according to the *Theory of flow* model) serves as the basis for the real-time adaptation and personalization of an e-learning platform to enhance knowledge acquisition. Additionally, some current lines of research on the subject are presented, in this case, based on the acquisition of soft skills to promote social inclusion.

Keywords; *affective computing, personalization, adaptation, e-learning, assisted living.*

I. INTRODUCCIÓN

Affective computing es un término acuñado por la investigadora Dr. R.W. Picard en 1994 y publicado en el primer libro sobre la materia en 1997 [1]. Según Dr. Picard, affective computing (o computación afectiva) se puede describir como “computing that relates to, arises from, or deliberately influences emotion” [2]. En términos más concretos, podemos definir la computación afectiva como el estudio y desarrollo de sistemas y dispositivos capaces de reconocer, interpretar, procesar y simular estados emocionales humanos. Éste se considera como un campo interdisciplinar que abarca las ciencias informáticas (inteligencia artificial, realidad virtual, interacción hombre-máquina, etc.), psicología y ciencia cognitiva [3].

En la práctica, la computación afectiva sirve para comprender el estado emocional de los usuarios de forma que el sistema con el que está interactuado se adapte acorde a dicho estado emocional. El principal objetivo de esta adaptación es la mejora de la experiencia de usuario, influyendo positivamente en el estado emocional del mismo. Sin embargo, este procedimiento presenta multitud de retos como la dificultad de definir un modelo emocional común, la baja precisión en el reconocimiento de emociones especialmente en entornos no controlados o la multi-modalidad (combinación de diferentes sensores o fuentes de información para la detección de emociones).

En la actualidad, se están llevando a cabo numerosos trabajos en los que la computación afectiva juega un papel primordial. En este artículo vamos a presentar algunos ejemplos de aplicación de la computación afectiva en proyectos en los que la Universidad de Maastricht, Países Bajos, a través del *Department of Advanced Computing Sciences*, está o ha estado involucrada.

II. CASO PRÁCTICO: COMPUTACIÓN AFECTIVA EN EL ENTORNO EDUCATIVO

En esta sección se presentan varios trabajos en los que la computación afectiva se aplican en un entorno educativo. Estos trabajos son parte de los proyectos europeos MaTHiSiS¹ y JOINclusion².

En primer lugar, MaTHiSiS (*Managing Affective-learning THrough Intelligent atoms and Smart InteractionS*) fue un proyecto europeo bajo el programa Horizon2020 (ICT-20-2015 Technologies for better human learning and teaching) que se llevó a cabo de 2016 a 2019. En este proyecto participaron 18 grupos de 9 países distintos incluyendo universidades, centros de investigación, centros educativos, instituciones públicas y empresas. La visión de aprendizaje de MaTHiSiS fue proporcionar una plataforma educativa para la formación profesional y la educación general tanto para personas con discapacidad intelectual como para personas no diagnosticadas. Esta plataforma, junto con un conjunto de componentes de aprendizaje reutilizables (material educativo), proporciona capacidades para: i) aprendizaje adaptativo, ii) feedback automático, iii) evaluación automática del progreso y el estado de comportamiento del alumno, iv) aprendizaje afectivo y v) aprendizaje basado en juegos. En este sentido, la computación afectiva es de suma importancia para la adecuada adaptación del sistema en base al estado emocional del alumno.

Por otro lado, JOINclusion (*Joint problem-solving strategy towards social inclusion of children with a migrant background*) es un proyecto europeo financiado por el programa Erasmus+ (Key Action 2 - Cooperation partnerships in school education) en el que participan 6 grupos de 3 países distintos. Este reciente proyecto dio comienzo en mayo de 2022 y su fecha de finalización es diciembre de 2024. La finalidad de este proyecto es fomentar la inclusión social de todos los niños estudiantes de primaria (con especial atención a los de origen inmigrante) mediante el uso de un juego serio colaborativo disponible en dispositivos móviles.

A. Theory of flow

Como se menciona anteriormente, la definición de un modelo emocional común es una tarea compleja. En el caso que nos aborda, un entorno educativo, la llamada *Theory of flow* [4] presenta una conveniente representación del estado emocional del alumno. Este modelo se basa en tres estados principales, aburrimiento (representado como *boredom* en Fig.1), ansiedad (*anxiety*) e involucramiento (*flow*). Este último es el estado ideal durante el proceso de aprendizaje puesto que representa un equilibrio entre la capacidad del alumno y la dificultad de la tarea en curso. Durante este estado, la adquisición de conocimiento se considera óptima, facilitando un rápido aprendizaje.

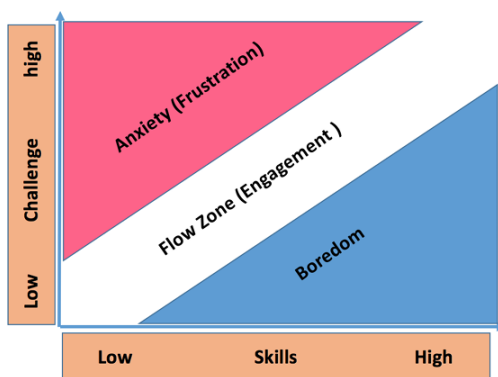


Figura 1. Representación de la *Theory of Flow* (extraído de [5])

B. Análisis facial y del habla

La detección de emociones a través del análisis facial está ampliamente explorada. Sin embargo, el acceso a bases de datos para la detección de emociones haciendo uso de otras modalidades no está tan extendido. Este es el caso, por ejemplo, en el análisis de emociones mediante el habla. Por esa razón, en este artículo se presentan dos alternativas para la mejora de la detección de emociones haciendo uso de estas modalidades.

¹ <http://www.mathisis-project.eu/>

² <https://dke.maastrichtuniversity.nl/JOINclusion/>

1) Fusión multimodal

En primer lugar, cabe destacar que en el proyecto MaTHiSiS anteriormente descrito, ciertos dispositivos utilizados (ordenadores, teléfonos inteligentes, robots, etc.) disponen de sensores para la adquisición de ambas modalidades. Por lo tanto, el primer método descrito se basa en la fusión de ambas modalidades para maximizar la precisión en la detección de emociones. Para este análisis, se utilizó AFEW³, una base de datos considerada realista (o *in the wild*) por sus oclusiones, iluminación variable y posturas de la cabeza, que cumple con las condiciones del mundo real. En este caso, las emociones anotadas no pertenecen a las descritas en el apartado II.A *Theory of flow* sino emociones de un modelo básico de 7 emociones: enfado, disgusto, miedo, felicidad, neutral, tristeza y sorpresa. La Tabla I muestra los resultados obtenidos por cada modalidad de forma independiente y la mejora obtenida cuando diferentes técnicas de fusión se utilizan para crear un sistema multimodal. Para más detalles sobre la implementación y/o los resultados, se invita al lector a consultar [6].

TABLA I RESULTADOS POR MODALIDAD Y TRAS FUSIÓN MULTIMODAL USANDO LA BASE DE DATOS AFEW

TAREA/MODELO	PRECISIÓN
UNIMODAL: ANÁLISIS FACIAL	33-40%
UNIMODAL: ANÁLISIS DEL HABLA	30-36%
PERFORMANCE-BASED WEIGHTS FUSION	44.4%
GENETIC ALGORITHM-BASED FUSION	48.9%

2) Generación de datos sintéticos

Este segundo método se basa en una idea diferente. Para contrarrestar la falta de bases de datos para cierta modalidad (audio en el caso presentado), se decide utilizar la información disponible de otras modalidades (facial) para generar datos sintéticos realistas que permitan aumentar las bases de datos disponibles y de este modo ser capaces de entrenar clasificadores más robustos. La solución planteada se basa en Redes Neuronales Generativas Adversarias (o GANs de las siglas en inglés de Generative Adversarial Networks). Estas redes, presentadas por Goodfellow et al. en [7], son una clase de algoritmos de inteligencia artificial que se utilizan en el aprendizaje no supervisado, implementadas por un sistema de dos redes neuronales que compiten mutuamente. En ellas, una red, llamada *Generator*, crea nuevas muestras tratando de “imitar” la distribución de los datos de entrenamiento (sin ver dichos datos directamente) mientras que una segunda red, llamada *Discriminator*, trata de discernir si las muestras en su entrada provienen de la base de datos original o son datos generados.

Este trabajo se puede dividir en dos fases. En la primera fase, utilizamos información proveniente de archivos de audio para generar caras realistas. En la segunda fase, se realiza la tarea contraria para verificar la consistencia del método, generando audios a partir de información visual (fotogramas que contienen caras). Para ambas fases se utilizan dos bases de datos, Crema-D [8] y RAVDESS [9].

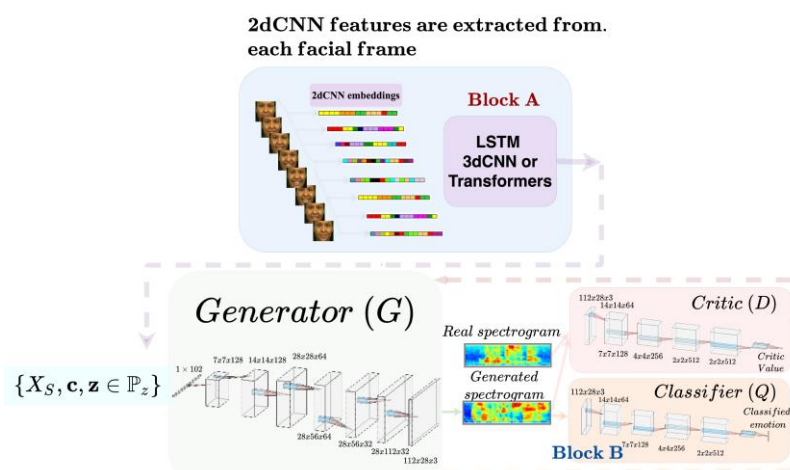


Figura 2. Modelo propuesto (extraído de [15])

³ <https://cs.anu.edu.au/few/AFEW.html>

En este trabajo, al modelo inicial propuesto por Goodfellow le añadimos un clasificador (identificado como Q en Fig. 2) puesto que, además de generar muestras realistas, nuestro objetivo es que dichas muestras contengan diferentes emociones. Además, basándonos en los trabajos presentados en [10] y [11], se añade una serie de modificaciones para 1) incorporar condicionalidad no solo a través del clasificador implementado en paralelo al *Discriminator* sino también de forma explícita en la entrada (vector c en Fig. 2) y 2) beneficiarse de la información temporal en la entrada (métodos incluidos en *Block A*, Fig. 2). El modelo completo se muestra en Fig. 2 mientras que Fig. 3 muestra una comparativa de imágenes generadas con un modelo inicial (indicado como *dacssGANs* en la Tabla II, que solo incorpora el clasificador Q [12]) y el modelo completo (Fig. 2). Además, la Tabla II muestra los resultados de clasificación cuando se utiliza las bases de datos iniciales (*Baseline*), así como la mejora en la clasificación cuando estas bases de datos se expanden con nuevas muestras generadas por nuestros modelos (siendo *dacssGANs* el presentado en [12] y *tc-wGANs* las combinaciones presentadas en [14] y mostradas en Fig. 2). Esta tabla muestra, además de la precisión en la clasificación, 3 métricas referentes a la calidad de las imágenes generadas, Fréchet Inception Distance (FID), Inception Score (IS) y Structural Similarity index (SSIM) [13]. Los mejores resultados para cada una de las métricas se marcan en negrita. Para más información sobre estos trabajos, se recomienda la consulta de [12], [14] y [15].

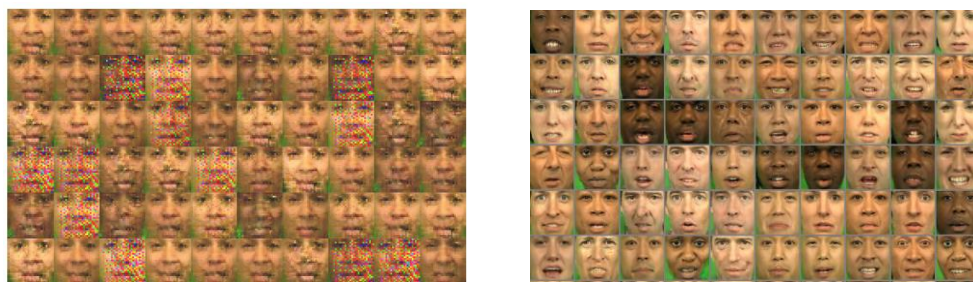


Figura 3. Imágenes generadas por el modelo simplificado [12] (izquierda) y su versión completa [14] (derecha) entrenados con Crema-D

TABLA II RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS BASES DE DATOS CREMA-D Y RAVDESS USANDO O NO DATOS GENERADOS POR NUESTRO MODELO (EXTRAÍDO DE [14])

Modelo	Crema-D				RAVDESS			
	Clasificación	FID	IS	SSIM	Clasificación	FID	IS	SSIM
<i>Baseline</i>	49.3%							
<i>dacssGANs</i>	52.52%	59.44	2.16	0.77	47.11%	49.77	2.21	0.90
<i>tc-wGANs:3dCNN</i>	55.87%	38.55	2.65	0.91	51.81%	41.34	2.27	0.95
<i>tc-wGANs:LSTM</i>	51.07%	39.03	2.60	0.87	49.84%	41.12	2.32	0.96
<i>tc-wGANs:trs</i>	54.72%	39.15	2.66	0.93	51.76%	41.10	2.30	0.95

A. Análisis de sensores inerciales

El uso de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y *tablets* ha irrumpido en el entorno educativo tanto en los hogares como en las aulas de forma significativa. Es por ello que los proyectos mencionados anteriormente hacen uso de este tipo de dispositivos como una de sus principales bazas. Estos dispositivos cuentan con multitud de sensores, algunos de ellos de gran atractivo para la computación afectiva como es el caso de acelerómetros, giroscopios y la información de la pantalla táctil. Además, esta información se puede considerar menos sensible que otras fuentes de datos como es el caso de la cámara o el micrófono.

Es por ello que estos sensores se han incorporado como una modalidad más a la hora de reconocer el estado afectivo de los usuarios. Basados en los experimentos llevados a cabo en el marco del proyecto MaTHiSiS, estos sensores pueden proporcionar precisiones relativamente altas (~63%) en la detección de emociones. La Tabla III presenta los resultados obtenidos para la detección de 3 emociones basadas en la *Theory of flow*. Se pueden consultar más detalles sobre este trabajo en [16].

TABLA III MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE EMOCIONES UTILIZANDO SENSORES INERCIALES

	<i>Aburrimiento</i>	<i>Involucramiento</i>	<i>Frustración</i>
<i>Aburrimiento</i>	64.0%	31.8%	4.2%
<i>Involucramiento</i>	30.4%	59.2%	10.4%
<i>Frustración</i>	9.1%	15.2%	75.7%

B. Análisis de interacciones e información contextual

De forma similar, la información contextual y relativa a las interacciones con la plataforma (como las respuestas proporcionadas o el tiempo en reaccionar) pueden ser analizados para detectar el estado emocional del alumno. Además, este caso es particularmente interesante puesto que no precisa de ningún sensor o dispositivo adicional para adquirir dicha información. Esta falta de sensores puede venir condicionado por motivos económicos, pero también otros como privacidad o relativos a la utilización del dispositivo (por ejemplo, si una aplicación móvil es controlada mediante movimientos del dispositivo, los sensores inerciales no serán una fuente fiable de información para la detección de emociones). La Tabla IV muestra la matriz de confusión de los resultados obtenidos mediante esta técnica. De nuevo, los resultados son prometedores, mostrando una precisión media del ~69% en la clasificación de 3 estados emocionales. Para más información, se invita al lector a consultar [5].

TABLA IV MATRIZ DE CONFUSIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE EMOCIONES UTILIZANDO INFORMACIÓN CONTEXTUAL Y DE INTERACCIONES

	<i>Aburrimiento</i>	<i>Involucramiento</i>	<i>Frustración</i>
<i>Aburrimiento</i>	61.4%	26.3%	12.3%
<i>Involucramiento</i>	8.5%	79.4%	12.1%
<i>Frustración</i>	7.7%	26.9%	65.4%

C. Análisis de empatía

Por última, esta sección presenta una breve descripción de las ideas en curso en el proyecto JOINclusion. En este caso, el objetivo principal es la adquisición de habilidades interpersonales (o *soft skills*) para favorecer la inclusión en las escuelas de niños en riesgo de exclusión social con principal énfasis en niños de origen migrante. El objetivo de este proyecto es entrenar esta habilidad y promover el diálogo entre niños de diferentes procedencias.

Esta herramienta, diseñada por psicólogos especialistas en la materia, tiene como objetivo desarrollar escenarios de aprendizaje empático potenciando el impacto de su uso. Los escenarios están diseñados para promover el diálogo entre los participantes y facilitar canales para expresarse, favoreciendo la integración. Tanto el juego como sus escenarios están diseñados en función de las necesidades de las escuelas, involucrando a los usuarios finales desde las primeras etapas del desarrollo del proyecto. Además, el juego serio colaborativo se potencia con técnicas de aprendizaje automático concebidas para mejorar la experiencia del usuario y optimizar su eficacia como herramienta de promoción de la *prosocialidad* a través de la personalización basada en la detección de estados afectivos (basados en habilidades interpersonales). Por este motivo, este nuevo proyecto se centra en el uso de un modelo psicológico diferente centrado en la empatía. Finalmente, las interacciones con el juego serio colaborativo también están diseñadas para fomentar la autorreflexión y la interacción posterior al juego entre los miembros de los grupos objetivo (niños con y sin origen migrante), mientras que, para los niños en riesgo de exclusión, promueve la confianza para aprender a actuar como miembros iguales de su nueva comunidad y encontrar su lugar en la sociedad.

III. CONCLUSIONES

Los trabajos presentados en este artículo ponen en manifiesto el potencial de la computación afectiva en el ámbito de la educación. Por un lado, se muestran alternativas para la mejora del reconocimiento de emociones con el uso de técnicas como la fusión multimodal o la generación de datos sintéticos. Por otro lado, se presentan resultados de la detección de emociones en escuelas de primaria y otros centros educativos con usuarios finales. Todas estas técnicas evidencian un interesante potencial para la aplicación de la computación afectiva en entornos reales con el fin de mejorar la experiencia de usuario.

IV. AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en este artículo fueron y están subvencionados por la comisión europea están bajo el acuerdo de subvención No. 687772 MaTHiSiS y el proyecto 2021-2-NL01-KA220-SCH-000048865 JOINclusion.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Picard, R. W. (2000). *Affective computing*. MIT press.
- [2] Picard, R. W. (1999, August). *Affective computing for hci*. In *HCI* (1) (pp. 829-833).
- [3] Tao, J., & Tan, T. (2005, October). *Affective computing: A review*. In *International Conference on Affective computing and intelligent interaction* (pp. 981-995). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Csikszentmihalyi, M., & Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience* (Vol. 1990). New York: Harper & Row.
- [5] Ghaleb, E., Popa, M., Hortal, E., Asteriadis, S., & Weiss, G. (2018, December). *Towards affect recognition through interactions with learning materials*. In *2018 17th IEEE international conference on machine learning and applications (ICMLA)* (pp. 372-379). IEEE.
- [6] Ghaleb, E., Popa, M., Hortal, E., & Asteriadis, S. (2017, September). *Multimodal fusion based on information gain for emotion recognition in the wild*. In *2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)* (pp. 814-823). IEEE.
- [7] Goodfellow, I., et al. (2014). *Generative adversarial nets*. In *Advances in neural information processing systems*.
- [8] Cao, H., Cooper, D. G., Keutmann, M. K., Gur, R. C., Nenkova, A., & Verma, R. (2014). *Crema-d: Crowd-sourced emotional multimodal actors dataset*. *IEEE transactions on affective computing*, 5(4), 377-390.
- [9] Livingstone, S. R., & Russo, F. A. (2018). *The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English*. *PloS one*, 13(5), e0196391.
- [10] Perarnau, G., van de Weijer, J., Raducanu, B., & Álvarez, J. M. (2016). *Invertible conditional GANs for image editing*.
- [11] Zhang, L., Zhu, G., Shen, P., Song, J., Afaq Shah, S., & Bennamoun, M. (2017). *Learning spatiotemporal features using 3dcnn and convolutional lstm for gesture recognition*. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops* (pp. 3120-3128).
- [12] Athanasiadis, C., Hortal, E., & Asteriadis, S. (2020). *Audio-visual domain adaptation using conditional semi-supervised generative adversarial networks*. *Neurocomputing*, 397, 331-344.
- [13] Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). *Image quality assessment: from error visibility to structural similarity*. *IEEE transactions on image processing*, 13(4), 600-612.
- [14] Athanasiadis, C., Hortal, E., & Asteriadis, S. (2021, September). *Temporal conditional Wasserstein GANs for audio-visual affect-related ties*. In *2021 9th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction Workshops and Demos (ACIIW)* (pp. 1-8). IEEE.
- [15] Athanasiadis, C., Hortal, E., & Asteriadis, S. (2020, October). *Audio-Based Emotion Recognition Enhancement Through Progressive GANS*. In *2020 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 236-240). IEEE.
- [16] Vretos, N., Daras, P., Asteriadis, S., Hortal, E., Ghaleb, E., Spyrou, E., ... & Assimakopoulos, K. (2019). *Exploiting sensing devices availability in AR/VR deployments to foster engagement*. *Virtual Reality*, 23(4), 399-410.

La programación visual una alternativa motivadora para aprender a programar

Visual programming a motivating alternative to learn programming

Irene Hernández Ruiz

Escuela de Informática, Universidad Nacional, Costa Rica
irene.hernandez.ruiz@una.cr

Carolina Gómez Fernández

Escuela de Informática, Universidad Nacional
carolina.gomez.fernandez@una.cr

Resumen — Este trabajo presenta la descripción del taller de programación por bloques, donde se da a conocer una alternativa lúdica y llamativa que puede motivar a las personas a iniciar en el mundo de la programación. Se trabaja con la herramienta Scratch, en este escrito se dan a conocer los recursos que posee el programa, así como la forma para introducir a los participantes en el mundo de la programación. El taller es una iniciativa del proyecto de extensión universitaria “Creando capacidades de programación en jóvenes y docentes tanto en secundaria como de enseñanza superior de la Escuela de Informática de la Universidad Nacional. El cual es una iniciativa para motivar a más personas en el estudio de la programación y dar a conocer que los conceptos iniciales pueden potenciar su creatividad y eliminar los probables errores que puede presentarse a nivel de sintáxis, sino más bien se pretende que los estudiantes puedan relacionar la parte gráfica con estructuras de programación.

Palabras clave: *programación; Scratch; innovación educativa.*

Abstract — This work presents the description of the block programming workshop, where a playful and attractive alternative is disclosed that can motivate people to start in the world of programming. We work with the Scratch tool, in this writing the resources that the program has are disclosed, as well as the way to introduce the participants in the world of programming. The workshop is an initiative of the university extension project “Creating programming skills in young people and teachers in both secondary and higher education at the School of Computer Science of the National University. Which is an initiative to motivate more people in the study of programming and make it known that the initial concepts can enhance their creativity and eliminate the probable errors that may occur at the syntax level, but rather it is intended that students can relate the graphic part with programming structures.

Keywords: *programming; scratch; educational innovation.*

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto Creando Capacidades de Programación en Jóvenes y Docentes tanto en Secundaria como de Enseñanza Superior, es un proyecto de Extensión de la Escuela de Informática de la Universidad Nacional de Costa Rica el cual inició en el año 2020 con la creación de diversos talleres entre ellos: la programación por bloques y la programación de circuitos.

Debido a la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2, el proyecto tomó la decisión de realizar los talleres de manera presencial remota utilizando el servicio de videoconferencias Zoom y utilizando la metodología de aprendizaje activo. A la fecha se han creado más de 30 talleres en esta modalidad con una participación de 500 personas de todas las regiones de Costa Rica, inclusive se ha tenido participación en talleres internacionales en Brazil y Centroamérica.

La propuesta de taller que se presenta en este documento es para la programación por bloques, donde se utiliza la herramienta Scratch, como de las múltiples herramientas que existen para la programación gráfica.

II. DESCRIPCIÓN DEL TALLER

El taller de programación por bloques es un taller desarrollado haciendo uso del pensamiento computacional. Wing indica que el “Pensamiento computacional implica la resolución de problemas, el diseño de los sistemas y la comprensión de la conducta humana haciendo uso de los conceptos fundamentales de la informática” [1].

Rodríguez define la Programación Visual como el uso de expresiones visuales (tales como gráficos, animaciones o iconos) en el proceso de la programación. Suele ser utilizada para formar nuevos lenguajes de programación que conducen a nuevos paradigmas tales como programación por la demostración. La programación visual también puede ser utilizada en las presentaciones gráficas del comportamiento o de la estructura de un programa. El objetivo de la programación visual es mejorar la comprensión de los programas y simplificar la programación en sí [2].

Para lograr este objetivo se seleccionó a la herramienta Scratch, el cual es un lenguaje de programación visual desarrollado por el Grupo Lifelong Kindergarten del MIT Media Lab., que permite explicar de una manera lúdica los principales aspectos de programación, permitiéndole a una persona que desee aprender una experiencia agradable y sencilla de entender. A mediados de mayo del 2007, fue colocado en el mercado, como una herramienta de programación visual para todas las edades [3].

Scratch es uno de los lenguajes de programación más utilizados para introducir a los niños en el mundo de la informática; ya que este cuenta con una estructura sencilla y además atractiva para personas de corta y avanzada edad.

Este programa se puede utilizar desde la página web o desde la aplicación de escritorio; al haberlo accedido, se puede iniciar o crear una cuenta, lo cual permitirá almacenar los proyectos realizados [4]

Entre los objetivos que se plantean desarrollar para el curso se encuentran: i. introducir el concepto de programación a los participantes del taller, ii. realizar un ejercicio práctico sobre el tema de la programación, iii. Lograr que los participantes del taller pongan en práctica en su computadora el ejercicio práctico desarrollado por los facilitadores del taller. Este taller tiene una duración de 6 horas y está dirigido para un público sin conocimiento previo en programación.

III. DESARROLLO DEL TALLER

Para el desarrollo del taller se plantea el uso de la metodología del aprendizaje activo, como un mecanismo donde el conocimiento se encuentre centrado en el estudiantado. El aprendizaje activo tiene como objetivo involucrar a los estudiantes de manera activa en la clase, los hace ser protagonistas, los hace pensar sobre lo que aprenden, dejando de ser sólo escuchas de la clase [5].

En el taller no se requiere de conocimientos previos, más bien se pretende con el taller que los participantes tenga un proceso introductorio motivante que les permita iniciar en el mundo de programación de una forma propositiva. Para el mismo se trabaja con la metodología del aprendizaje activo en la cual el participante tiene un rol participativo en su proceso de aprendizaje, por lo que el diseño de los talleres posee un espacio de interacción alta con los estudiantes.

El contenido del taller incluye los siguientes apartados: conceptos de variable, estructuras condiciones, estructuras iterativas y pensamiento computacional para el desarrollo de soluciones.

Para poder participar se la indican a los participantes que requieren una computadora con internet, y durante los talleres se les explica la instalación del software necesario, de esta forma se brinda un acompañamiento a los participantes y se les puede atender cualquier tipo de consulta.

El taller se encuentra dividido en tres partes:

1. Descripción del entorno:

El área de desarrollo de trabajo de Scratch se divide en tres partes; la primera está destinada a la escogencia de bloques de código (color naranja), disfraces y sonido; la segunda muestra la programación desarrollada en cada objeto (color azul) y, por último, la tercera enseña la parte visual del programa (color amarillo).

En el bloque de código, permitirá realizar algunas acciones, las cuales se dividen en categorías [6]:

- **Movimiento:** Permite girar y mover los objetos.
- **Apariencia:** Modificar la apariencia del objeto y del fondo.
- **Sonido:** Se puede agregar, quitar y modificar los sonidos.
- **Eventos:** Ejecutan acciones determinadas por el usuario.
- **Control:** En el cual se incluyen los condicionales: *if*, *else*, *forever*, *repeat*, entre otros.
- **Sensores o detectores:** Permite que los objetos interactúen con el usuario a través de los diferentes periféricos.
- **Operadores:** Generan números aleatoriamente, incluyen operadores matemáticos, entre otros.
- **Variables:** Añadir y modificar variables.
- **Mis bloques:** En esta parte, se encontrarán los bloques de código que se realicen por cada persona y se desee almacenar.

En la Fig. 1 se visualiza al lado derecho cada uno de los bloques de color con las instrucciones para llevar a cabo la parte de programación.

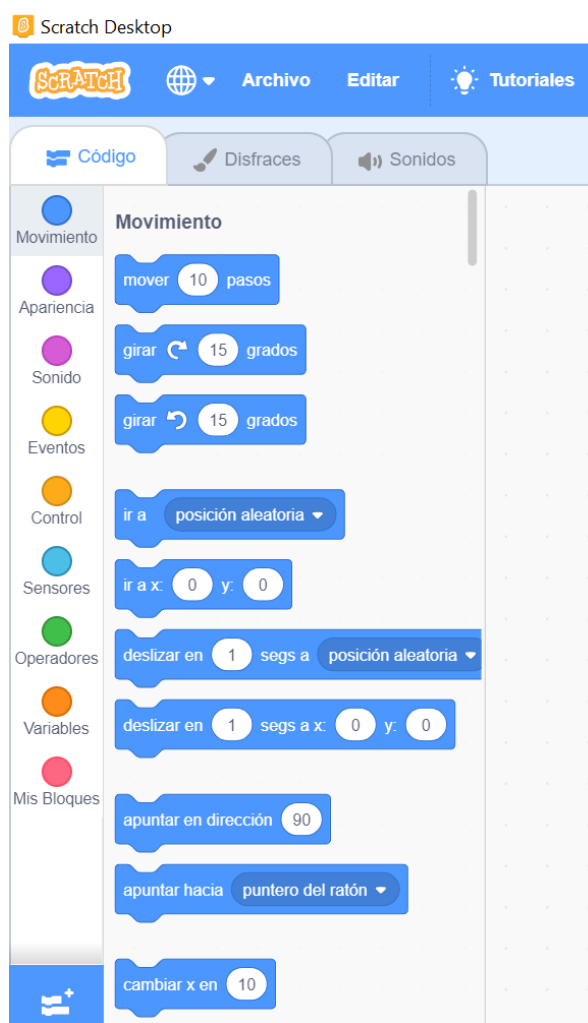


Figura 1. Descripción de los bloques de código

2. Descripción del ejercicio por desarrollar:

El ejercicio para desarrollar plantea el problema de la solución de una calculadora básica, en la cual los participantes puedan hacer uso de los comandos de entrada y salida de la información, así como el uso de conceptos previamente aprendidos como los son las operaciones matemáticas de la suma, resta, multiplicación y división. Para lograr que el taller sea dinámico, se plantean actividades de la metodología de aprendizaje activo para motivar a los participantes, haciendo preguntas sobre cuáles elementos son

necesarios para resolver el problema, partiendo del hecho que ya tienen un conocimiento previo en la parte matemática.

En la Fig. 2 se pueden visualizar los bloques necesarios para mostrar la entrada de información de datos, así como el llamado a una función. El código como se puede apreciar es pequeño, con símbolos y colores diferentes, logrando que la persona pueda hacer uso de estos recursos arrastrando y pegando su contenido uno debajo de otro.

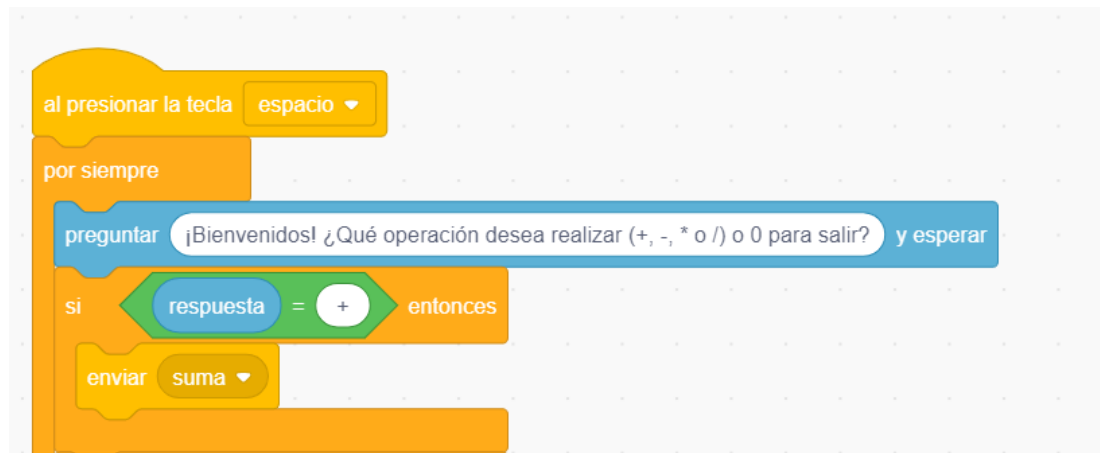


Figura 2. Bloques de entrada de información y llamado a función

En la Fig. 3, se visualiza el código necesario para el ingreso de la información a través de la instrucción “al recibir”.



Figura 3. Bloque para el uso de funciones.

3. Cierre de la actividad:

Al finalizar la actividad se les pide a los participantes que puedan mostrar sus pantallas por medio de la herramienta de desarrollo del taller que es ZOOM, logrando que los participantes puedan dar a conocer si tienen alguna duda específica del taller. Además, a manera de cierre se les explica que ellos mismos pueden modificar a los personajes del programa y generar programas creativos que puedan compartir incluso con sus estudiantes y se les motiva a continuar construyendo más actividades a través del entorno. Así como también se les explica que pueden ser matriculados en el aula virtual del proyecto de la Universidad Nacional, la cual se encuentra en la siguiente dirección: <https://www.aulavirtualppaa.una.ac.cr/login/index.php>

Entre las implicaciones a futuro, es que se brindan los contactos de las facilitadoras, así como un acceso al aula virtual para que puedan tener acceso al material desarrollado y puedan profundizar más por ellos mismos.

IV. RESULTADOS

Como parte de la evaluación de los talleres se les ha preguntado a los participantes que indiquen algunas razones por las cuales el taller le llamó la atención, estas son algunas de las respuestas:

TABLA1. RAZONES POR LAS CUÁLES LES LLAMÓ LA ATENCIÓN EL TALLER

Razones
Facilidad para introducción a la programación
Intuitivo
Visualmente agradable
Entretenida, Informativa, Diferente
Muy interesante
Ampliar mis conocimientos
Me pareció interesante el taller
Es muy genial que enseñen otros medios de programar más interactivos
Me gusta aprender
Algo nuevo para aplicar en los cursos
Interés Personal
Para aprender más
Porque creo que la herramienta es muy bonita y creativa y una de las cosas que más
Me gusta es el poder programar y eso nos lo facilita
Porque cuando estaba en la escuela vi Scratch y quería aprender más
Había visto un poco de Scratch en el colegio, pero realmente recordaba muy poco, entonces me llamo la atención refrescar memoria
Creativa, bien preparada e interesante

V. TRABAJO FUTURO

Entre las líneas de trabajo a futuro se espera poder desarrollar más talleres de programación no solo de manera presencial remoto, sino también de manera presencial remota. Así como también se espera poder desarrollar más cursos bajo la metodología de aprendizaje activo y poder dar a conocer otros lenguajes de programación gráfico.

Por otra parte, otro de los grandes desafíos es poder ofrecer cursos de programación únicamente para mujeres, con el fin de tener espacios en los cuales ellas puedan compartir y crear un ambiente en el cuál ellas puedan expresar sus inquietudes y de parte de las facilitadoras darles a conocer sobre las oportunidades laborales que tiene el campo. Esto con el fin de poder contribuir en generar una equidad de género en el área de las tecnologías.

VI. CONCLUSIONES

El uso de la programación por bloques permite a los participantes poder relacionar un color con una actividad o función específica, permitiendo que puedan incorporar las instrucciones rápidamente, ya que permite un asocie entre las acciones con un color.

La programación por bloques elimina el problema de los errores de sintaxis en la programación, logrando que se pueda concentrar durante los talleres en problemas a solucionar aplicando el tema del pensamiento computacional.

El pensamiento computacional puede ser utilizado para realizar soluciones donde se puedan desarrollar problemas en otras áreas como por ejemplo las carreras STEM (Science, Techonology, Engineering, Mathematics) para poder generar en los participantes que puedan desarrollar la abstracción y la lógica en la solución de problemas.

La programación a largo plazo debe motivarse a ser estudiada como un insumo más en el currículo, el cual puede motivar a más generaciones a relacionarse con carreras en el área de la tecnología o bien pueden ayudar a muchos profesionales de otras áreas que cada día requieren más de la computación dentro de sus áreas disciplinarias.

Al realizar talleres mediante la presencialidad remota se ha logrado llegar a una mayor población de diferentes lugares no solo de Costa Rica, sino de otros países latinoamericanos como Nicaragua, México, Colombia, entre otros.

Finalmente, este taller pretendió ser un espacio de motivación en el estudio de las instrucciones introductorias en programación con el fin de que sea un primer paso en el estudio de la disciplina de una manera llamativa, sencilla y funcional.

VII. AGRADECIMIENTOS

A la Escuela de Informática de la Universidad Nacional, por el apoyo en el área de los proyectos de extensión y todos los participantes de los talleres de programación por bloques que siempre han enriquecido el conocimiento en esta área.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wing JM. Computational thinking. Commun ACM [Internet]. 2006;49(3):33–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- [2] Rivarés AR. Robótica Educativa mediante Programación Visual [Internet]. Ull.es. 2018 [citado el 21 de julio de 2022]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10306/Robotica%20educativa%20mediante%20programacion%20visual.pdf?sequence=1&am%20p;isAllowed=y>
- [3] Pujades N. ¡Felicidades! Scratch cumple 10 años desde que se creó - Scratch School. 2017.
- [4] Gough J. Coding with Scratch: An interactive addition quizzer. Aust Prim Math Classr [Internet]. 2018;23:19+. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA546025219&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=13260286&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E98e716a1>
- [5] Keyser MW. Active learning and cooperative learning: understanding the difference and using both styles effectively. Res strateg [Internet]. 2000;17(1):35–44. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734331000000227>
- [6] Castillo GA. Qué es Scratch y cómo funciona [Internet]. Techlandia. Leaf Group; 2019 [citado el 21 de julio de 2022]. Disponible en: <https://techlandia.com/13718917/que-es-scratch-y-como-funciona>



ISBN 978-84-19745-52-1



9 788419 745521 >



Universidad
de Alcalá

EDITORIAL
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ