



COMPUTACIÓN PARA EL DESARROLLO XVI CONGRESO

OBRAS COLECTIVAS
TECNOLOGÍA 38

UAH

Luis Bengochea
Daniel Meziat
Jacqueline Kerr
(Editores)

Computación para el Desarrollo XVI Congreso



Obras Colectivas de Tecnología 38

*Luis Bengochea Martínez
Daniel Meziat Luna
Jacqueline G. Kerr
(Editores)*

 Universidad
de Alcalá

EDITORIAL
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Computación para el Desarrollo – XVI Congreso

*Actas del XVI Congreso Iberoamericano de Computación para el
Desarrollo (COMPDES 2023)*



**Bluefields Indian and Caribbean University
Bluefields (Nicaragua)
26 al 28 de julio de 2023**

Editores:

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

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

Jacqueline G. Kerr (*Bluefields Indian and Caribbean University - Nicaragua*)



El libro “**Computación para el Desarrollo – XVI Congreso**” en el que se recogen las Actas del *XVI Congreso Iberoamericano de Computación para el Desarrollo (COMPDES2023)*, editado por Luis Bengochea, Daniel Meziat y Jacqueline G. Kerr, 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)

Octubre 2024
ISBN: 978-84-19745-99-6

Edición digital

Foto de la portada: *Pizarra blanca sobre superficie beige. Foto de Dominika Roseclay.*
Licencia <https://www.pexels.com/license/>

Los contenidos de esta obra son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Universidad de Alcalá, la Bluefields Indian and Caribbean University de Nicaragua, ni de ninguna de las instituciones que han colaborado en la organización del congreso.

Organización del Congreso

El congreso está organizado por:

Bluefields Indian and Caribbean University (Nicaragua)

La Bluefields Indian and Caribbean University (BICU) es una institución educativa, comunitaria e intercultural que, a través de sus programas académicos, de investigación y extensión, contribuye al desarrollo de los pueblos indígenas, afrodescendientes y mestizos de la costa caribe nicaragüense, mediante la formación de profesionales, técnicos y líderes comunales, con competencias humanísticas, científicas y tecnológicas.

Se fundó el 6 de junio de 1991 como universidad multi-étnica y de prestigio en la costa caribe que atiende prioritariamente a grupos tradicionalmente excluidos o absorbidos por la homogenización cultural dominante. En esta universidad convergen diferentes culturas, idiomas, costumbres, creencias y prácticas bajo el principio de universalidad. [<https://bicu.edu.ni/>]

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 Manuel. *Universidad de Alcalá (España)*

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

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

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

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

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

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

Díaz, Bladimir. *Universidad de El Salvador*

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

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

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 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*

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)*



Comité Organizador

Jacqueline G. Kerr Taylor. *BICU (Nicaragua) - Presidente*

Carlos A. Castillo Gomez. *BICU (Nicaragua)*

Skinner Abelardo Guills. *BICU (Nicaragua)*

Dexon McKensie Sambola. *BICU (Nicaragua)*

Deyvon K. Ordoñez Cuthbert. *BICU (Nicaragua)*

Iris de los Angeles Jarquin Plata. *BICU (Nicaragua)*

Oshanie K. Davis Andrews. *BICU (Nicaragua)*

Jose Ariel Martinez Paiba. *BICU (Nicaragua)*

Kerry K. Kelly Kandler. *BICU (Nicaragua)*

Óscar López. *Tecnológico de Costa Rica*

Daniel Meziat. *Universidad de Alcalá (España)*

Luis Bengochea. *Universidad de Alcalá (España)*

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

Las memorias de la decimosexta edición del Congreso de Computación para el Desarrollo (COMPDES-2023) incluyen los trabajos que superaron el proceso de evaluación por pares realizado por el Comité Científico, formado por profesores de diversas Universidades Iberoamericanas. En total fueron aceptadas 31 ponencias, complementadas con la impartición de 23 talleres y 3 charlas. Todos los trabajos aquí presentados cuentan con la autorización expresa de sus autores para su publicación en abierto.

En este año 2023, el Congreso COMPDES-2023 se organizó en modalidad virtual, por la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). Es una institución de educación superior, cuyos programas académicos, de investigación y extensión, le permiten contribuir en el desarrollo de los pueblos indígenas, afrodescendientes y mestizos de la Costa Caribe Nicaragüense. Se dedica a la formación de profesionales, técnicos y líderes comunales, con competencias humanísticas, científicas y tecnológicas. Fundada en 1991, en 1994 fue declarada Universidad Oficial de la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur de Nicaragua. Forma parte del Consejo Nacional de Universidades de Nicaragua.

La Red COMPDES promueve desde 2006 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). Nuestro objetivo principal es 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. En sus acciones se incluye la realización de un congreso anual.

El Congreso es un espacio académico y de 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. Este congreso permite a las universidades integrantes de la Red COMPDES el concretizar los fines y principios de cada una, compartiendo resultados de sus investigaciones.

Para la XVI edición del Congreso (COMPDES-2023) se han mantenido las líneas temáticas como orientación general de 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.

La organización de un congreso requiere la participación y colaboración de muchas personas. El COMPDES-2023 no ha sido la excepción. Se ha contado con la colaboración abnegada tanto de autoridades como de personal de apoyo. Quiero destacar el gran apoyo recibido de la Rectoría y la Decanatura y Vicedecanatura de la Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades, donde se ubica la Escuela de Informática. Con gran esfuerzo y dedicación han trabajado para hacer realidad el congreso. Muy especialmente, es digno de reconocer el exquisito trabajo de la Ing. Jackeline Kerr y todo su equipo de personas colaboradoras. Con ellos, el agradecimiento al personal docente y administrativo, que dedica horas intensas en la preparación y realización de estos eventos. Asimismo, Luis Bengochea Martínez y Daniel Meziat Luna, ambos desde la Universidad de Alcalá, España, han sido baluartes para el desarrollo de este congreso.

Finalmente, un agradecimiento para los autores de las ponencias, talleres y pósteres presentados, por su interés por compartir sus experiencias. Sus aportaciones y participación son la esencia del congreso. También un enorme agradecimiento a todos los que han aceptado las invitaciones de la organización para participar en las conferencias invitadas. También a los patrocinadores, por su apoyo financiero, y a los miembros del Comité Científico, por su actividad de revisión de los trabajos de investigación. Todos ellos han contribuido con su grano de arena para impulsar el desarrollo de nuestras sociedades. Todos esos actores han aportado su grano de arena para que el lector tenga en sus manos los contenidos de esta edición de las memorias del COMPDES-2023.

Bluefields (Nicaragua), julio de 2023

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

Índice de Contenidos

Prólogo

Óscar López Villegas 8

Conferencia Invitada

Inteligencia Artificial en educación 14
Jaime Oyarzo

Inteligencia Artificial

Detección del cáncer de seno: un caso de aplicación 23
Víctor Daniel Gil-Vera

Primera etapa en un proceso de adaptación tecnológica para implementar modelo de machine learning, como apoyo al diagnóstico del cáncer de mama. 27
Sara Iris Bobadilla Moreno, Christhofer Josué Gutiérrez Acevedo and Narciso Javier Aguilera Centeno

Redes Neuronales en la Detección de Infecciones Respiratorias Agudas 36
Fabio Garcia Ramirez and Erick Pico Echenique

Experiencias Personalizando ChatGPT para Atender Necesidades Específicas en Nicaragua 44
Roberto Jese Zepeda Calero, Sjeff Michael Gomez Espinosa, Brandon Ramses Espinoza Ruiz y Anayanci Lopez Poveda

Análisis de sesgos y aplicación de redes neuronales para predicción de valores en juegos de lotería 52
Diego Fernández-Rueda, Ana Castillo-Martínez and Luis Fernández-Sanz

Desarrollo de Yincana a partir de Bots de Telegram 60
Sergio de la Mata Moratilla, Ana Castillo-Martinez, Jose-Maria Gutierrez-Martinez, Raquel Fernandez-Cajoto y Blanca Calderon-Gonzalez

Aplicaciones

Rendimiento de aplicaciones web SPA utilizando servicios Rest <i>Milton Paul López Ramos, Jorge Edwin Delgado Altamirano and Alexander David Bonilla Adriano</i>	68
Prototipo de un Sistema de Monitoreo Ambiental de Bajo Costo Basado en Internet de las Cosas Un Caso de Estudio en la Ciudad de Esmeraldas, Ecuador <i>Karla Angulo-Montenegro y Pablo Pico-Valencia</i>	76
Optimización del flujo vehicular aplicando algoritmos genéticos <i>James Edward Humberstone Morales and Franklin Iván Argueta Bermúdez</i>	84
Análisis de datos altmétricos como herramienta para evaluar el impacto social de la investigación en la web. Su aplicación en el campo de las Ciencias Sociales en Cuba <i>Roelvis Ortiz-Núñez y Érika Jaillier-Castrillón</i>	91
Reconstrucción de series de tiempo climáticas mediante métodos espectrales <i>Bustamante Lozano Álvaro Mauricio</i>	98
Trazabilidad no invasiva del comportamiento de usuarios de aplicaciones distribuidas <i>Guillermo Alonso-Rello y Jose-Maria Gutierrez-Martinez</i>	106
Desarrollo de una aplicación móvil para realizar visitas al parque de El Retiro de Madrid <i>Antonio Sarasa Cabezuelo</i>	114
Desarrollo base del ecoetiquetado <i>Maria Valeria Funes, Constanza Carolina Caminos, Rita Perez y Nelson Specchia</i>	122
Recursos STEM: Aplicación de la herramienta PhET y Python <i>Irene Hernández, Christian Chaverri Ramos, Carolina Gómez, Maria Arias Andres, Carolina Esquivel Dobles, Vilma Reyes y Ignacio Bonilla Rojas</i>	125
Módulo Adquisidor Remoto para actualizar Sondas Limnigráficas de cuencas proveedoras de agua a embalse <i>Sandra Noemí Fernandez, Miguel Angel Flores y Pablo Oscar Abalo</i>	131
Integración de Python y Java para proyectos de investigación <i>Andrés Missiego Manjón, Sergio De La Mata Moratilla, Ana Castillo Martínez, José María Gutiérrez Martínez y David Abejón Heras</i>	139

Informática educativa

Influencia de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Absolutos en Modelos Mentales Sobre Electroestática en estudiantes de Ingeniería: un estudio de caso <i>Claudio Enrique</i>	147
Realidad Aumentada para la mejora del aprendizaje en Educación Básica <i>Sánchez Romero Luis Enrique, Ortiz Huerta Eduardo Gabriel, Pérez Onesto María Fernanda y Conchas Gaytán Martha Rocío</i>	155
Aprendiendo a programar en una Olimpiada de programación <i>Agustín Russell, Luis Fagundez, Pablo Fabián Cabrera y Alejandro Miños</i>	159

Robots virtuales: alternativa para la enseñanza de la robótica educativa	163
<i>Santiago Ortiz Durán, Diego Antonio Guerrero Alonso, Rosa María Figueredo Rodríguez y Yor Alex Remond Recio</i>	
WhatsApp como apoyo para el aprendizaje en tiempos de pandemia hasta la actualidad	171
<i>Vanessa Marin Morales, Maria Fernanda Merida Ramirez y Martha Rocio Conchas Gaytán</i>	

Conferencia Invitada



Red COMPDES

Inteligencia Artificial en educación

Impacto de la Inteligencia Artificial y ChatGPT en educación

Artificial Intelligence in education

Impact of Artificial Intelligence and ChatGPT in education

Jaime Oyarzo Espinosa
Universidad de Alcalá, España
jaime.oyarzo@uah.es

Resumen — La Inteligencia Artificial AI ha generado un impacto significativo en el ámbito educativo, presentando oportunidades y desafíos. La IA evidencia un gran potencial para desarrollar prácticas de enseñanza y aprendizaje innovadoras. Sin embargo, es necesario abordar los riesgos y desafíos asociados a estos avances tecnológicos. Diversos organismos internacionales enfatizan la importancia de adoptar un enfoque centrado en el ser humano y garantizar la equidad y la inclusión en la utilización de la IA en el contexto educativo, y han creado guía para los encargados de formular políticas educativas. Diversas instituciones de educación utilizan la IA para proporcionar asistencia a los estudiantes, personalizar el aprendizaje y automatizar tareas administrativas. Buscan mejorar la accesibilidad y los resultados del aprendizaje, así como capacitar a los docentes.

Palabras clave Inteligencia Artificial, IA, ChatGPT.

Abstract — Artificial Intelligence AI has had a significant impact on education, presenting both opportunities and challenges. AI shows great potential for developing innovative teaching and learning practices. However, the risks and challenges associated with these technological advances need to be addressed. Various international bodies emphasize the importance of adopting a human-centered approach and ensuring equity and inclusion in the use of AI in the educational context and have developed guidance for educational policy makers. Several education institutions are using AI to provide assistance to students, personalize learning and automate administrative tasks. They seek to improve accessibility and learning outcomes, as well as to empower teachers.

Keywords; Artificial Intelligence, AI, ChatGPT.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo tiene un carácter divulgador y se basa en experiencias de charlas y seminarios dirigidos a profesores de diferentes niveles docentes de instituciones educativas latinoamericanas.

Los modelos lingüísticos, como ChatGPT, basados en inteligencia artificial IA, no son motores de búsqueda. Son sistemas predictivos que generan las respuestas más probables, teniendo en cuenta la pregunta y los datos en los que han sido entrenado. Una pregunta de historia a Google, obtienes respuestas de Wikipedia y de otras webs. La misma pregunta a ChatGPT, genera respuestas por un modelo de IA, no conectada a internet, entrenada con una enorme base de datos y que puede, ocasionalmente, generar respuestas incorrectas y sesgadas. La calidad de las instrucciones a ChatGPT es crucial para la calidad de los resultados. Es posible, por ejemplo, especificar el alcance y nivel de estilo de la pregunta indicando que excluir y qué perspectivas comparar.

Los modelos lingüísticos, como ChatGPT generan respuestas en distintos idiomas y entregan un texto comprensible y coherente en cuestión de segundos. En particular, las preguntas que contienen texto basado en fórmulas y reglas más estrictas, como código de programa o fórmulas matemáticas, tienen más probabilidades de generar respuestas más precisas.

II. FORMATO GENERAL

- *Conceptos y definiciones*
- *Desafíos de la IA*
- *Inteligencia Artificial y ChatGPT en la Educación*
- *IA generativa en la evaluación*
- *Optimización de resultados de ChatGPT*
- *Visión general y técnica: IA y ChatGPT*
- *Perspectivas futuras*

III. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Según la Real Academia de la Lengua Española, “inteligencia artificial” es:

“disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico”.

¿Por qué nos gusta utilizar términos del inglés como ChatGPT? (nada nuevo ni exclusivo de la IA).

Probablemente, el uso de estos neologismos, se den “por prestigio” (que informados estamos...), “por desconocimiento” o por “inexistencia semántica” (no encontramos un término traducido). [1]

- A. *Inteligencia Artificial (IA): Cualquier inteligencia demostrada por máquinas, que usan modelos matemáticos que identifican patrones en conjunto de datos.*
- B. *IA para paráfrasis: uso de técnicas de IA para rephrasear o reescribir una pieza de texto dado, de tal manera que se preserve el significado original del texto aunque se usen distintas palabras y frases.*
- C. *Algoritmo: Conjunto de instrucciones o cálculos para aprender a realizar una tarea determinada.*
- D. *Chatbots (o bots): programa diseñado para ayudar a los usuarios humanos con tareas simples y comunicación a través de comandos de texto y voz similar a una conversación entre humanos.*
- E. *ChatGPT: ChatGPT (abreviatura de Chat Generative Pre- Trained Transformer) Modelo Lingüístico de Gran Tamaño con técnicas de aprendizaje supervisadas y de refuerzo.*
- F. *Ciencia cognitiva: forma de estudio que incluye IA, además de filosofía, lingüística, psicología, neurociencia, y antropología, que intentan entender cómo funciona la mente y, aplicadas a la IA.*
- G. *DALL-E: una IA que genera imágenes a partir de un texto y pertenece a una familia de IA llamada Modelos de Difusión.*
- H. *Deep Learning (Aprendizaje profundo): arquitecturas de IA que utiliza redes neuronales para codificar información. Los modelos de IA Generativa son ejemplos típicos de Deep Learning.*
- I. *Modelo Básico: Modelos que se entrenan con un amplio conjunto de datos no etiquetados*
- J. *IA Generativa: etiqueta amplia que se usa para describir algún tipo de IA que utilice algoritmos de aprendizaje para crear nuevas imágenes digitales, videos, audios, textos o códigos.*
- K. *Inteligencia Automática: Término que engloba diferentes tipos de algoritmos de aprendizaje, incluyendo machine learning (aprendizaje automático) y deep learning (aprendizaje profundo).*
- L. *Machine Learning (Aprendizaje automático): subconjunto de IA enfocado en desarrollar algoritmos que ayudarán a las máquinas a aprender sin la ayuda de un ser humano.*
- M. *Procesamiento de Lenguaje Natural: Tecnología que permite a las máquinas determinar- mediante texto o voz- lo que dicen los humanos.*
- N. *Aprendizaje por refuerzo: Método de entrenamiento de aprendizaje automático basado en recompensar los comportamientos deseados y/o castigar los no deseados.*
- O. *IA Fuerte: desarrollo de una IA que iguale la capacidad de la mente humana.*
- P. *Aprendizaje supervisado: Enfoque para crear inteligencia artificial en el que un algoritmo informático se entrena con datos de entrada que han sido etiquetados para un resultado concreto.*
- Q. *Prueba de Turing: examina la capacidad de una máquina para hacerse pasar por humano, Una máquina puede pasar esta prueba si, su rendimiento es indistinguible del de los participantes humanos. Concepto de Alan Turing (1912-1945), un notable matemático, informático y lógico inglés. [2]*
- R. *Aprendizaje no supervisado: El uso de algoritmos de IA para identificar patrones en conjuntos de datos que contienen puntos de datos que no están etiquetados ni clasificados.*

IV. DESAFÍOS DE LA IA

Algunos destacados científicos afirman que "hemos desarrollado una tecnología muy poderosa pero no hemos desarrollado la regulación asociada. Como la tecnología avanza a pasos agigantados y los gobiernos reaccionan con lentitud, necesitamos una pausa en el desarrollo y despliegue. [3]

Estos científicos y sus cofirmantes piden una regulación fuerte. Aseguran que, si los sistemas informáticos que producimos no son seguros, no serán beneficiosos.

Una razón preocupante es la complejidad de los modelos lingüísticos:

- Los grandes modelos lingüísticos contienen millones de parámetros ajustables.
- Su ajuste permite identificar la siguiente palabra en la secuencia de un diálogo.
- Los problemas surgen si preguntas, por ejemplo, "cómo construyo un arma biológica" y comienza a generar las instrucciones detalladas de cómo hacerlo.

Como estos modelos lingüísticos basan sus respuestas en la probabilidad, si no encuentran la respuesta en sus datos almacenados, pueden mentir deliberadamente o afirmar falsedades basados en datos personales e información falsa.

A. Regulación de la Unión Europea UE

Una regulación podría prohibir que la IA suplante a un humano o use lenguaje ofensivo o racista, riesgos que surgen por la forma como ha sido entrenada y los datos utilizados en ese entrenamiento.

Es de esperar que las nuevas normativas y la nueva Ley de Inteligencia Artificial de la Unión Europea UE en discusión, pueda ayudar a establecer normas y limitaciones. [4]

Como parte de su estrategia digital, la UE quiere regular la inteligencia artificial IA para garantizar mejores condiciones de desarrollo y uso de esta tecnología. Se han centrado en la "IA generativa", con el objetivo de proporcionar un marco legal para innovaciones recientes como ChatGPT. La IA puede aportar muchos beneficios, en áreas de una mejor asistencia sanitaria, transporte más seguro y limpio, fabricación más eficiente y energía más barata y sostenible, aunque es necesario regular aspectos como:

- Prohibición total de la IA para la vigilancia biométrica, el reconocimiento de emociones y los sistemas policiales predictivos
- Obligación de precisar cuando el contenido ha sido creado por sistemas generativos como ChatGPT
- Alto riesgo de los sistemas de IA utilizados para influir sobre los votantes en las elecciones

V. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CHATGPT EN LA EDUCACIÓN

ChatGPT puede proporcionar herramientas poderosas para el aprendizaje y tiene el potencial de mejorar la experiencia educativa de los estudiantes. Es también una herramienta de gran potencia, que puede ayudar a los profesores a mejorar la enseñanza y el aprendizaje, aunque no debemos olvidar que la comunicación, evaluaciones humanas y la retroalimentación personalizada son labores insustituibles del profesor.

La historia ha demostrado una y otra vez que las instituciones educativas pueden adaptarse a las nuevas tecnologías. En la década de 1970s, el auge de las calculadoras portátiles preocupó a los educadores de matemáticas sobre el futuro de su materia, aunque las matemáticas sobrevivieron.

Al igual que Wikipedia y Google no significaron el fin de las evaluaciones tradicionales, tampoco lo hará la IA. De hecho, las nuevas tecnologías conducen a formas innovadoras y novedosas de realizar tareas. Lo mismo se aplicará al aprendizaje y la enseñanza con IA.

En lugar de prohibir, integrar de manera significativa los modelos IA en la enseñanza y aprendizaje [5]

A. ¿Qué efectos de la AI son de interés en educación?

- Reforzar el autoaprendizaje y el aprendizaje activo
- Reforzar el aprendizaje analítico y pensamiento crítico
- Adquirir habilidades de colaboración, trabajo de grupos, discusión y presentación
- Mejorar la realimentación y la evaluación
- Proteger valores éticos
- Transparencia y privacidad de los datos.

B. ¿Qué puedo hacer con ChatGPT?

1. Escribir una carta de presentación
2. Redactar un currículum
3. Generar sugerencias de nombres de productos y empresas
4. Componer letras de canciones y poesía
5. Planificar un evento
6. Generar una propuesta de AI Art
7. Jugar a un juego de rol basado en texto
8. Depurar código y aprender conceptos de programación
9. Etc.

VI. IA GENERATIVA EN LA EVALUACIÓN

La evaluación es una de las actividades clave de la enseñanza superior. Existe la preocupación que los estudiantes utilicen la IA generativa, como ChatGPT de forma inadecuada para completar las evaluaciones,

Un cuestionario que contenga espacios vacíos para completar (en biología, física, historia, literatura, o en cualquier otra materia), permite al estudiante plantear el problema a ChatGPT obteniendo una rápida y coherente respuesta. Es muy probable que no alcance a comprender el problema y su aprendizaje es nulo.

El problema no es la IA. Debemos innovar en la forma de formular cuestionarios, tareas y proyectos en cuya corrección y rápida realimentación, ChatGPT puede ser un gran aliado y puede mejorar las evaluaciones haciéndolas más realistas, auténticas, y desafiantes. Por ejemplo:

- proponer a los estudiantes un tema para que pregunten individualmente a ChatGPT.
- A continuación, presentan en grupos de 3-5 participantes, la pregunta y la respuesta obtenida.
- El grupo compara los aportes individuales, los analiza y nombra un representante que presenta en clase las conclusiones del grupo con ayuda de recursos, como láminas, mapas conceptuales, infografías, etc.

El profesor en su rol de guía sugiere criterios para formular las preguntas y cómo analizar críticamente las respuestas obtenidas mediante la herramienta de inteligencia artificial IA. No sólo aprenden sobre el tema propuesto, sino que también adquieren habilidades de colaboración, trabajo de grupos, análisis y pensamiento crítico, discusión y presentación.

Para diversificar tus formas de evaluación utiliza aquellas en las que ChatGPT está muy limitado, como Aprendizaje Basado en Proyectos ABP, trabajo en equipo, presentaciones orales, creación de videos, pensamiento crítico, resolución de problemas, entre otras. ChatGPT te puede brindar una inestimable ayuda en construir esas propuestas de evaluación.

VII. OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS DE CHATGPT

OpenAI, los autores de ChatGPT, proponen Seis estrategias para obtener mejores resultados

Importante comenzar escribiendo instrucciones claras. Si los resultados son demasiado largos, solicitar a ChatGPT respuestas breves. Si los resultados son demasiado sencillos, solicitar a ChatGPT que asuma el rol de experto. Si el formato no es el esperado, especificar el formato deseado. Cuanto menos tenga ChatGPT que adivinar, más probabilidades de conseguir un buen resultado.

1. Incluye detalles en tu consulta para obtener respuestas más relevantes
2. Pide al modelo que adopte un personaje
3. Utiliza delimitadores para indicar claramente las distintas partes de la entrada.
4. Especifica los pasos necesarios para completar una tarea
5. Proporciona ejemplos
6. Especifica la longitud deseada del resultado

A. ¿Qué es un "prompt"?

Como en un típico diálogo de chat, después de la primera respuesta, es posible formular otra pregunta. Este ciclo de "preguntas-respuestas" ayuda a interactuar con la IA para mejorar sus respuestas, proporcionando un "contexto" para que la IA base sus respuestas en los recientes ciclos de la conversación.

Se denomina "prompt" a la estructura de instrucciones o preguntas. Existen algunas pautas generales para "dar instrucciones" que ayudan a que ChatGPT genere respuestas útiles.

B. Ejemplo de estructura de prompt [6]

- **Rol (actúa como...)**
- **Tarea (resumen de la instrucción, lo que debe hacer el ChatGPT)**
- **Requisitos (qué debe incluir, extensión, contenido, etc.)**
- **Instrucciones (lo que ChatGPT debe hacer para cumplir la tarea)**

C. Prompt: sistemas de información empresarial

(Rol) Eres un instructor experto en sistemas de información empresarial.

(Tarea) Elabora 3 preguntas de opción múltiple que pongan a prueba los conocimientos de estudiantes universitarios de segundo curso,

(Requisitos) sobre los siguientes temas:

- Sistemas de gestión de las relaciones con los clientes
- Seguridad y privacidad de la información
- Gestión de procesos empresariales

(Instrucciones) Para cada pregunta, proporciona la respuesta correcta. A continuación, escribe comentarios a los estudiantes sobre las opciones correctas e incorrectas. En tus comentarios, formula preguntas que animen a los estudiantes a explorar más estas ideas por sí mismos, en lugar de darles directamente la respuesta

D. Prompt: redactar una rúbrica de evaluación

Actúa como experto académico de educación superior y redactor de rúbricas de evaluación. Elabora una rúbrica para una evaluación de nivel universitario de segundo año en la que los estudiantes (futuros profesores en formación) deben analizar críticamente el uso de la tecnología en las escuelas secundarias. Necesito que me ayudes a generar las filas de la rúbrica (los criterios de evaluación), y las columnas (5 niveles de logro, desde sobresaliente, notable, bien, suficiente, insuficiente).

VIII. VISIÓN GENERAL Y TÉCNICA: IA Y CHATGPT

ChatGPT es un modelo de lenguaje que permite a las personas interactuar con una computadora de forma natural y conversacional. También se conoce como una forma de IA generativa por su capacidad para producir resultados originales. [7]

ChatGPT ha sido entrenado con grandes conjuntos de datos para aprender a predecir la siguiente palabra de una frase y, a partir de ahí, generar una respuesta coherente y convincente. (570 GB de datos que representan 300 000 millones de palabras y tiene unos 175 000 millones de parámetros incorporados. [8])

Las respuestas de ChatGPT se basan en la probabilidad lingüística y pueden ofrecer respuestas que contenga afirmaciones falsas, diseñadas para cumplir los requisitos de las instrucciones. Por ejemplo, una pregunta que solicite referencias a fuentes relevantes en la respuesta puede generar una lista con referencias bibliográficas (autor, año, edición de revista o libro), que a menudo es necesario verificar.

A. Entrenamiento en los sistemas de IA generativa:

En un enfoque de entrenamiento supervisado, el modelo se entrena para aprender de una función de asignación que asocie entradas a salidas con precisión, con la ayuda de entrenadores humanos. Existen límites para escalar este enfoque, puede llevar mucho tiempo y estar limitada a un conocimiento específico.

En la mayoría de los proyectos de IA hasta la fecha actual se utilizaba el enfoque supervisado.

En un entrenamiento no supervisado, el modelo es entrenado con datos sin un resultado específico asociado. El modelo aprende de la estructura y los patrones subyacentes en los datos de entrada. En los modelos de lenguaje, se utiliza para que comprenda la sintaxis y la semántica del lenguaje natural, para poder generar textos coherentes y significativos en un contexto conversacional.

ChatGPT utilizó principalmente un entrenamiento no supervisado.

B. Método de desarrollo de ChatGPT (versión actual: 3.5)

ChatGPT es un modelo semejante a un anterior modelo (InstructGPT), desarrollado por OpenAI [9] diseñado para seguir las instrucciones de una pregunta y ofrecer respuestas detalladas. ChatGPT pretende recibir retroalimentación de los usuarios e identificar puntos fuertes y áreas de mejora. Durante esta fase de investigación, el uso de ChatGPT es gratuito.

Para mejorar la capacidad de ChatGPT y responder a una variedad de diferentes “prompts”, se optimizó mediante una técnica llamada aprendizaje por refuerzo con retroalimentación humana (Reinforcement Learning from Human Feedback RLHF). Básicamente, mediante la creación de un modelo de recompensas con datos de comparación (donde dos o más respuestas del modelo fueron clasificadas por entrenadores de IA), para que la IA pudiera identificar y aprender la mejor respuesta, como ilustra la figura, que compara los pasos de los diferentes modelos (supervisado, no supervisado, aprendizaje por refuerzo) (figura de <https://chat.openai.com/> comentada en castellano).

modelo supervisado, la IA aprende cómo responder creando conversaciones

mezcla con otras conversaciones, para crear modelos de recompensa

ajuste y optimización del modelo utilizando modelos de recompensa y aprendizaje por refuerzo

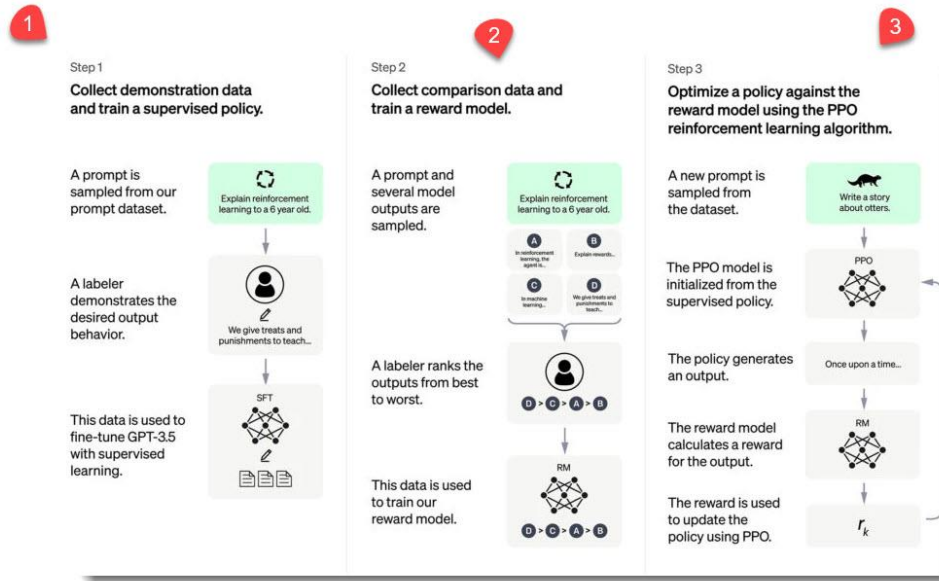


Figura 1. comparación de diferentes modelos de aprendizaje de IA (source <https://chat.openai.com/>)

La siguiente figura muestra, con mayor detalle la diferencia de los enfoques para entrenar los modelos AI y las aplicaciones más frecuentes.

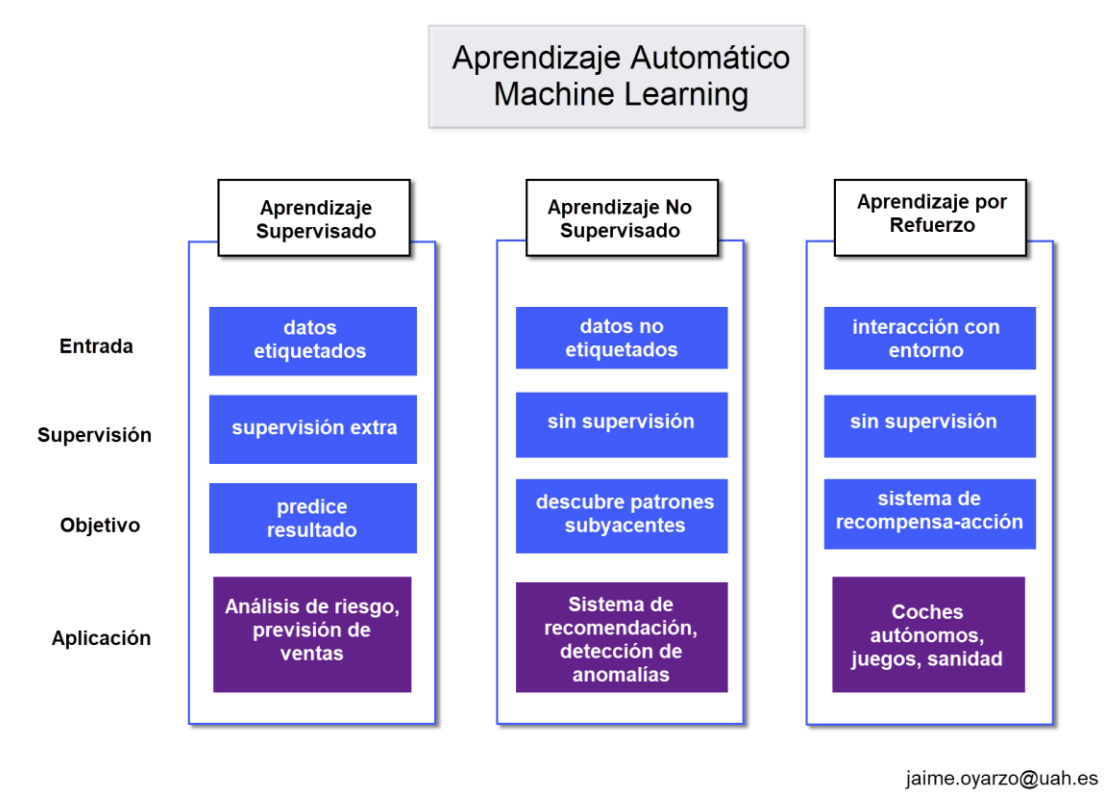


Figura 2. Diferentes enfoques y modelos

GPT-4, el último modelo de OpenAI, es un modelo multimodal de gran tamaño (acepta entradas de imagen y texto, y emite salidas de texto) que, aunque es menos capaz que los humanos, muestra un rendimiento de nivel humano en varias pruebas de referencia profesionales y académicas. La distinción entre

GPT-3.5 y GPT-4 puede ser superficial. La diferencia aparece para tareas más complejas. GPT-4 es más fiable, creativo y capaz de manejar instrucciones mucho más matizadas que el GPT-3.5.

C. Pregunta “prompt” → “Tokens” → generación de la respuesta

Previo al procesamiento de los prompts, la entrada se descompone en tokens. Los "tokens" o fichas, son trozos de palabras. Estos tokens pueden incluir espacios adicionales e incluso partes de una palabra. Estas son algunas reglas prácticas:

- 1 token ≈ 4 caracteres en inglés
 - 1 token ≈ ¾ palabras
 - 100 tokens ≈ 75 palabras
- O
- 1-2 frase ≈ 30 tokens
 - 1 párrafo ≈ 100 fichas
 - 1.500 palabras ≈ 2048 fichas

La IA trata las palabras según su contexto. GPT-3 convierte la entrada prompt en una lista de tokens, procesa el prompt y convierte los predictivos tokens de nuevo en las palabras que vemos en la respuesta.

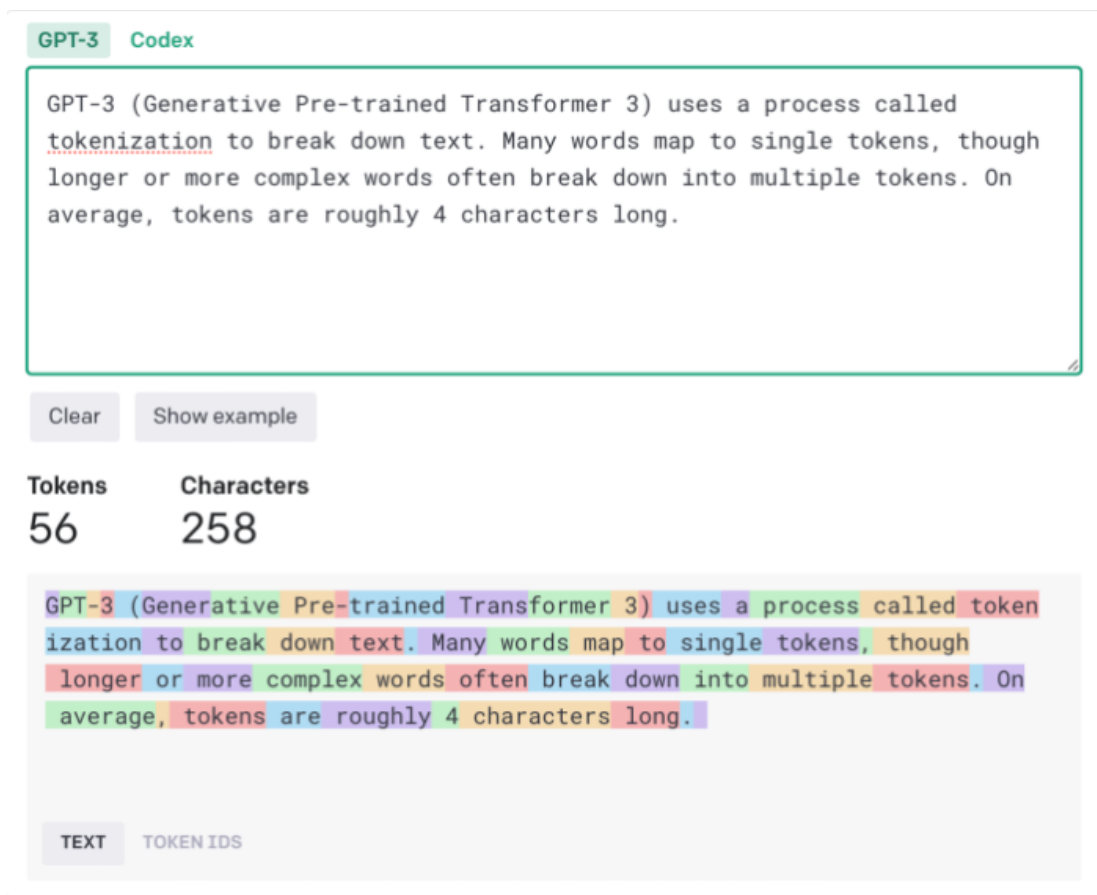


Figura 3. Ejemplo de tokens. www.zaper.com

IX. PERSPECTIVAS FUTURAS

Debemos reconocer que estos sistemas de autoaprendizaje mejoran en la medida que tienen más usuarios, que sus bases de datos crecen y que reciben algún tipo de feedback sobre la calidad de las respuestas. El desarrollo es rápido, y podemos esperar un progresivo avance, considerando que estas herramientas de IA se están convirtiendo en parte integrante de los motores y programas de búsqueda web que utilizamos a diario. Como ciudadanos debemos velar por nuestros derechos fundamentales, el impacto ambiental y la privacidad de los datos. Como educadores, debemos fomentar la creatividad, capacidad de análisis y un uso crítico de las innovaciones tecnológicas.

X. REFERENCIAS

- [1] A. Campbell., «Un glosario de términos de IA para Educación,» Turnitin, 6 febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.turnitin.com/es/blog/glosario-terminos-ia-para-educacion>. [Último acceso: 4 julio 2023].
- [2] Wikipedia, «Alan Turing,» [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing. [Último acceso: junio 2023].
- [3] C. Xiang, «The Open Letter to Stop 'Dangerous' AI Race Is a Huge Mess,» Vice Media Group, 2023. [En línea]. Available: www.vice.com. [Último acceso: 30 marzo 2023].
- [4] Parlamento Europeo, «Noticias Parlamento Europeo,» 12 junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20230601STO93804/ley-de-ia-de-la-ue-primera-normativa-sobre-inteligencia-artificial>. [Último acceso: junio 2023].
- [5] M. & A. M. Arora, «Role of artificial intelligence in higher education: A review,» *Journal of Educational Technology*, vol. 15, n° 1, pp. 1-12, 2018.
- [6] D. Liu, «Prompt engineering for educators – making generative AI work for you,» The University of Sydney, april 2023. [En línea]. Available: <https://educational-innovation.sydney.edu.au/teaching@sydney/prompt-engineering-for-educators-making-generative-ai-work-for-you/>. [Último acceso: june 2023].
- [7] UNESCO, «ChatGPT e inteligencia artificial en la educación superior : guía de inicio rápido,» 2023. [En línea]. Available: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385146_spa. [Último acceso: junio 2023].
- [8] A. Hughes, «ChatGPT: Everything you need to know about OpenAI's GPT-4 tool,» june 2023. [En línea]. Available: <https://www.sciencefocus.com/future-technology/gpt-3/>. [Último acceso: june 2023].
- [9] OpenAI, «ChatGPT,» 2023. [En línea]. Available: <https://chat.openai.com> . [Último acceso: 2023].

Inteligencia Artificial



Red COMPDES

Detección del cáncer de seno: un caso de aplicación

Breast cancer detection: an application case

Víctor Daniel Gil-Vera

Universidad Católica Luis Amigó, Colombia
victor.gilve@amigo.edu.co

Resumen — Una de las enfermedades más prevalentes en las mujeres a nivel mundial es el cáncer de mama, su detección precoz contribuye a reducir las tasas de morbilidad y mortalidad. El objetivo de este trabajo es presentar un caso real de aplicación utilizando el algoritmo de aprendizaje automático de k-vecinos próximos (K- NN) para identificar la presencia de esta patología. Se empleó una base de datos real de N=569 análisis de masas mamarias, se analizó el radio, la textura, el perímetro, el área, la suavidad, la compacidad, la concavidad, los puntos cóncavos, la simetría y la dimensión fractal, se normalizaron los datos, se identificó el número óptimo de vecinos y se calcularon las métricas de desempeño. Se concluye que, es alta la precisión de esta técnica de clasificación para identificar este tipo de cáncer.

Palabras clave; *aprendizaje de máquinas; cáncer de seno; modelado predictivo; validación cruzada.*

Abstract — One of the most prevalent diseases in women worldwide is breast cancer, its early detection contributes to reducing morbidity and mortality rates. This work aims to present a real application case using the k-nearest neighbor (K-NN) machine learning algorithm to identify the presence of this pathology. A real database of N=569 breast mass analyses was used, the radius, texture, perimeter, area, smoothness, compactness, concavity, concave points, symmetry and fractal dimension were analyzed, the data were normalized, the optimal number of neighbors was identified and the performance metrics were calculated. This paper concludes that the accuracy of this classification technique to identify this type of cancer is high.

Keywords; *machine learning; breast cancer; predictive modeling; cross-validation.*

I. INTRODUCCIÓN

En el año 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) reportó 685,000 muertes a nivel mundial por cáncer de seno y 2,3 millones de mujeres diagnosticadas con esta enfermedad. A finales de ese mismo año, había 7,8 millones de mujeres vivas diagnosticadas con esta enfermedad en los últimos 5 años, convirtiéndolo en el tipo de cáncer más prevalente del mundo [1]. Esta enfermedad se presenta principalmente en el sexo femenino posterior a la pubertad, con tasas crecientes en etapas posteriores de la vida, se origina en las células de revestimiento de los conductos (85%) o lóbulos (15%) del tejido glandular. Al principio el crecimiento de las células cancerígenas se limita al conducto o lóbulo ("in situ") sin generar síntomas y con un potencial de diseminación mínimo [2]. A medida que transcurre el tiempo, las células cancerígenas pueden reproducirse e invadir el tejido mamario circundante y propagarse a los ganglios linfáticos o a otros órganos. Las muertes de mujeres a causa de esta enfermedad obedecen a una metástasis generalizada [3]. El tratamiento de esta patología es eficaz si se identifica de manera temprana, este consiste en una combinación de radioterapia, extirpación quirúrgica y medicamentos (quimioterapia, terapia hormonal o terapia biológica dirigida) para tratar el cáncer microscópico que se ha propagado desde el tumor de seno a través de la sangre, lo que puede prevenir el crecimiento y la propagación de las células cancerígenas [3].

Por lo general, los síntomas de esta enfermedad son: abultamiento o engrosamiento del seno; alteración en su tamaño, forma o apariencia; formación de hoyuelos, enrojecimiento, picazón o alteraciones en la piel;

cambio en la apariencia del pezón, alteración en la piel de la areola o secreciones anormales. Hay diversos motivos para que se desarrollen bultos en el seno, la mayoría de los cuales no son cáncer [1]. Las anomalías mamarias no cancerosas incluyen masas benignas como fibroadenomas y quistes, así como infecciones. Esta enfermedad puede presentarse de diversas formas, por lo que es importante un examen médico completo. Las mujeres con anomalías persistentes deben someterse a pruebas que incluyen imágenes del seno y biopsias para determinar si una masa es maligna o benigna [4]. La supervivencia a esta enfermedad durante al menos 5 años después del diagnóstico varía desde más del 90 % en países de altos ingresos hasta el 66 % en India y Suramérica y el 40% en Sudáfrica [5].

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo es presentar un caso real de aplicación para detectar esta enfermedad empleando la técnica de clasificación de k-vecinos próximos (K-NN). En aprendizaje de máquinas, la clasificación es un método de aprendizaje automático supervisado en el que el modelo intenta predecir la etiqueta correcta de unos datos de entrada determinados. En la clasificación, el modelo se entrena por completo con los datos de entrenamiento y luego se evalúa con datos de prueba antes de ser utilizado para realizar predicciones con nuevos datos. Por su parte, en la regresión, el resultado es un valor numérico dentro de un conjunto infinito de resultados posibles. Lo que se pretende es predecir si una nueva masa es benigna o maligna (B o M) tomando como base las 30 variables que conforman la base de datos.

Se tienen 569 observaciones del problema analizado, cada una de ellas está definida por el conjunto de variables mencionadas anteriormente y pertenece solo a una clase (B o M), lo que se desea es poder pronosticar a qué tipo de clase (B o M) pertenecerá una nueva masa. Los modelos fueron construidos en el lenguaje de programación Python y el entorno de Google Colaboratory. La variable objetivo fue el diagnóstico (B o M). Las variables de la base de datos fueron: área, simetría, textura (desviación estándar de los valores en escala de grises), perímetro, puntos cóncavos (cantidad de porciones cóncavas del contorno), suavidad (variación local de las longitudes de los radios), compacidad ($\text{perímetro}^2 / \text{área} - 1,0$), concavidad (gravedad de las partes cóncavas del contorno), radio (promedio de las distancias del centro a los puntos del perímetro) y dimensión fractal (aproximación de la línea de costa- 1). En el resto del trabajo se presentan los antecedentes, la metodología y los resultados. Finalmente se concluye.

II. ANTECEDENTES

En la revisión de la literatura algunos autores han empleado el aprendizaje de máquinas para la detección de este tipo de enfermedad. En [6] investigaron el rendimiento de una red neuronal artificial (RNA), específicamente de un perceptrón multicapa en un conjunto de datos de cáncer de seno, obtuvieron una precisión de 0,984 con cero predicciones negativas falsas. En [7] desarrollaron un modelo ontológico basado en el algoritmo del árbol de decisión capaz de predecir de forma fiable el cáncer de seno, extrajeron reglas del algoritmo del árbol de decisión que distinguían entre pacientes con cáncer de seno maligno y benigno, luego implementaron estas reglas a través del lenguaje de reglas de la web semántica, obtuvieron una precisión del 0,971.

En [8] desarrollaron un marco de evaluación del riesgo de metástasis y recurrencia del cáncer de seno a partir de imágenes histopatológicas utilizando características de imagen y tecnologías de aprendizaje automático, concluyeron que el método basado en XGBoost funciona bien cuando se consideran características de textura y color. En [9] propusieron un método de detección de cáncer de seno utilizando Nuclear Atypia Scoring (NAS), convierten todos y cada uno de los tejidos cancerosos en objetos, este mecanismo proporciona el recuento de las células detectadas, obtuvieron una precisión de 0,892. En [10] emplearon la técnica de Bosques Aleatorios y obtuvieron una precisión del 0,993.

III. METODOLOGÍA

La técnica de aprendizaje supervisado “k-vecinos próximos” (k-NN) puede ser empleada tanto para tareas de clasificación como de regresión, emplea la proximidad para clasificar o predecir un punto de datos individual dependiendo de la similitud con otros puntos cercanos [11]. Para tareas de clasificación, asigna una etiqueta de clase a un dato basándose en la etiqueta que se presenta con mayor frecuencia alrededor de él [11]. Esta técnica se va adaptando a medida que se añaden muestras de entrenamiento nuevas y se ajusta para considerar cualquier dato nuevo debido a que todos los datos de entrenamiento están almacenados en la memoria. Para su funcionamiento únicamente requiere un valor k (cantidad de vecinos) y de una función de distancia para identificar los puntos que están más próximos a uno en específico. Las funciones de distancia permiten dividir los puntos de consulta en regiones diferentes [11].

Algunas funciones de distancia empleadas en esta técnica son la euclidiana, Manhattan, Minkowski y Hamming. Se empleó una base de datos libre con los registros de 569 pacientes mujeres, las variables independientes hacían referencia a las medidas del radio, la textura, el perímetro, suavidad, dimensión fractal, simetría, concavidad, compacidad y puntos cóncavos de las masas mamarias. Esta información se obtuvo de imágenes digitales de biopsias por aspiración. La variable objetivo era la clasificación del tipo de tumor (B o M). Los datos se encuentran en el siguiente repositorio:

<https://acortar.link/MBavzh> En el siguiente enlace se encuentra disponible del código: <https://acortar.link/Eet0Bk>. Después de realizar la validación cruzada, se identificó que la cantidad de vecinos óptima era $k=21$ y la función de distancia empleada fue la euclídea debido al objetivo del problema planteado. Se empleó la metodología CRISP-DM, la cual está conformada por las siguientes etapas: entendimiento del problema, entendimiento de los datos, preparación de los datos, modelación, evaluación y despliegue. La Figura 1 presenta de manera discriminada la distribución de clases (357 benignas, 212 malignas).

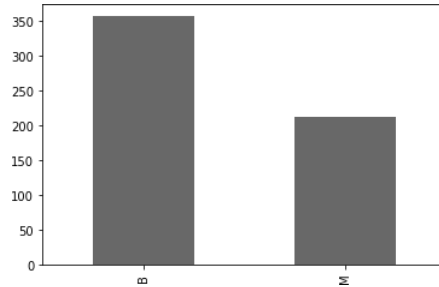


Figura 1. Cantidad de casos para cada diagnóstico

Las métricas analizadas para evaluar el desempeño del modelo fueron:

Accuracy (%): casos clasificados de manera correcta.

$$Tasa\ de\ éxito = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (1)$$

Tasa de error (%): casos clasificados de manera incorrecta.

$$Tasa\ de\ error = \frac{(FP + FN)}{(TP + TN + FP + FN)} = 1 - Accuracy \quad (2)$$

Predominio: cociente entre el total de casos positivos pronosticados y el número total de casos.

$$Predominio = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (3)$$

Sensibilidad: proporción de casos positivos que fueron clasificados de manera correcta.

$$Sensibilidad = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (4)$$

Especificidad: proporción de casos negativos que fueron clasificados de manera correcta.

$$Especificidad = \frac{TN}{(TN + FP)} \quad (5)$$

Precisión: proporción de casos positivos que fueron verdaderamente positivos.

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (6)$$

Valor predictivo negativo: proporción de casos negativos que fueron verdaderamente negativos.

$$Valor\ predictivo\ negativo = \frac{TN}{(TN + FN)} \quad (7)$$

Medida F: combinación de la precisión y la recuperación en una sola medida.

$$Medida\ F = \frac{(2TP)}{(2TP + FP + FN)} \quad (8)$$

IV. RESULTADOS

La matriz de confusión se presenta en la Tabla 1, en total el modelo clasificó correctamente 99 de las 101 observaciones que conformaron la muestra de prueba ($TP = 77$ y $TN=22$) y solo 2 observaciones de manera incorrecta ($FP = 2$ y $FN = 0$).

TABLA I MATRIZ DE CONFUSIÓN

		Pronóstico	
		P	N
Real	P	TP=77	FN=0
	N	FP=2	TN=22

La Tabla 2 presenta el resumen del desempeño del modelo, se presentan los resultados de cada una de las métricas presentadas anteriormente.

TABLA II MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

Modelo	Tasa de éxito	Tasa de error	Predominio	Sensibilidad	Especificidad	Precisión	Valor predictivo negativo	Medida F
k- Vecinos Próximos	0.98	0.02	0.98	0.91	0.97	0.97	0.97	0.98

De la Tabla 2 se puede apreciar que, la tasa de éxito (Accuracy) se acerca a 1 (0.98). Esta métrica es confiable, ya que las clases estaban balanceadas. La tasa de error es mínima, las métricas de predominio, sensibilidad, especificidad, precisión, valor predictivo negativo y Medida F son mayores a 0.9, lo que indica un buen desempeño.

V. CONCLUSIONES

Es grande la utilidad que puede tener el aprendizaje de máquinas en el área de la salud, son diversas las enfermedades que se pueden identificar de manera temprana, lo que puede contribuir a la reducción de la mortalidad. Específicamente en este trabajo se presentó un caso real de aplicación sobre la predicción del cáncer de seno en mujeres, se demostró la alta precisión obtenida con la técnica de k-vecinos próximos (tasa de éxito = 0.98, tasa de error de 0.02). Antes de entrenar un modelo, ya sea para tareas de clasificación o regresión es importante identificar los parámetros óptimos (validación cruzada) y realizar la normalización, ya que esto puede influir en las métricas de desempeño de los modelos. Vale la pena señalar que, k-vecinos próximos es un algoritmo simple e interpretable; sin embargo, es importante considerar que la ingeniería de características y el equilibrio de datos pueden mejorar las capacidades predictivas del modelo. Trabajos futuros pueden emplear esta misma técnica en la predicción de otros tipos de cáncer u otras enfermedades.

El objetivo de los modelos de aprendizaje de máquinas es que aprendan patrones generalizables a los datos sin analizar en vez de memorizar datos aprendidos en la fase de entrenamiento, no es correcto asegurar que un modelo es mejor que los demás, la cantidad y la calidad de los datos sumado al objetivo de investigación tienen gran relevancia. Es importante que las mujeres mayores de cuarenta años realicen un chequeo frecuente (tamizaje de seno) para identificar la posible presencia de masas mamarias malignas.

VI. REFERENCIAS

- [1] WHO, "Breast cancer," Apr. 11, 2023. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer> (accessed Apr. 10, 2023).
- [2] M. G. Jørgensen, E. Gözeri, T. G. Petersen, and J. A. Sørensen, "Surgical-site infection is associated with increased risk of breast cancer-related lymphedema: A nationwide cohort study," *Clin Breast Cancer*, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.clbc.2023.03.016>.
- [3] L. B. Spalluto et al., "Barriers to Implementation of Breast Cancer Risk Assessment: The Health Care Team Perspective," *Journal of the American College of Radiology*, vol. 20, no. 3, pp. 342–351, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2022.12.019>.
- [4] C. González-Palacios Torres, R. Barrios-Rodríguez, C. Muñoz-Bravo, E. Toledo, T. Dierssen, and J. J. Jiménez-Moleón, "Mediterranean diet and risk of breast cancer: An umbrella review," *Clinical Nutrition*, vol. 42, no. 4, pp. 600–608, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2023.02.012>.
- [5] N. Maliko, N. Bijker, M. E. M. M. Bos, M. W. J. M. Wouters, and M.-J. T. F. D. Vrancken Peeters, "Patterns of care over 10 years in young breast cancer patients in the Netherlands, a nationwide population-based study," *The Breast*, vol. 66, pp. 285–292, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.breast.2022.11.002>.
- [6] V. Birchha and B. Nigam, "Performance Analysis of Averaged Perceptron Machine Learning Classifier for Breast Cancer Detection," *Procedia Comput Sci*, vol. 218, pp. 2181–2190, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.194>.
- [7] H. El Massari, N. Gherabi, S. Mhammedi, Z. Sabouri, H. Ghandi, and F. Qanouni, "Effectiveness of applying Machine Learning techniques and Ontologies in Breast Cancer detection," *Procedia Comput Sci*, vol. 218, pp. 2392–2400, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.214>.
- [8] X. Liu et al., "Predicting breast cancer recurrence and metastasis risk by integrating color and texture features of histopathological images and machine learning technologies," *Comput Biol Med*, vol. 146, p. 105569, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105569>.
- [9] S. M. and J. Joy, "A machine learning based framework for assisting pathologists in grading and counting of breast cancer cells," *ICT Express*, vol. 7, no. 4, pp. 440–444, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ict.2021.02.005>.
- [10] M. Minnoor and V. Baths, "Diagnosis of Breast Cancer Using Random Forests," *Procedia Comput Sci*, vol. 218, pp. 429–437, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.025>.
- [11] J. A. Romero-del-Castillo, M. Mendoza-Hurtado, D. Ortiz-Boyer, and N. García-Pedrajas, "Local-based k values for multi-label k-nearest neighbors rule," *Eng Appl Artif Intell*, vol. 116, p. 105487, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105487>.

Primera etapa en un proceso de adaptación tecnológica para implementar modelo de machine learning, como apoyo al diagnóstico del cáncer de mama

Táctica adoptada en la búsqueda de una solución factible, en el contexto nicaragüense

(Trabajo en Progreso)

First stage in a process of technological adaptation to implement a machine learning model to support the diagnosis of breast cancer

Tactics adopted in the search for a feasible solution, in the Nicaraguan context

(Work in progress)

Sara I. Bobadilla-Moreno, Christhofer J. Gutiérrez-Acevedo, Narciso J. Aguilera-Centeno
Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua
Sara.Bobadilla447@std.uni.edu.ni; Christhofer.Gutierrez846@std.uni.edu.ni;
Narciso.Aguilera@fec.uni.edu.ni

Resumen — En este artículo, se explica el proceso seguido por un equipo de innovadores nicaragüenses en la implantación, en su primera fase, de un proyecto de adaptación tecnológica de modelos de aprendizaje automático como apoyo a la detección oportuna del cáncer de mamas. Este trabajo, que aún está en progreso, parte de los resultados alcanzados en cuatro proyectos anteriores, ejecutados por investigadores de instituciones académicas y científicas en América Latina, Estados Unidos y Egipto.

Palabras clave: *adaptación tecnológica; aprendizaje automático; cáncer de mama.*

Abstract — This article explains the process followed by a team of Nicaraguan innovators in the implementation, in its first phase, of a project for the technological adaptation of machine learning models to support the timely detection of breast cancer. This work, which is still in progress, builds on the results achieved in four previous projects, carried out by researchers from academic and research institutions in Latin America, the United States, and Egypt.

Keywords: *technological adaptation; machine learning; breast cancer.*

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, durante los últimos 5 años, el cáncer de mama ha estado entre las 5 principales causas de muerte por tumoraciones malignas. Los decesos por esta enfermedad, en mujeres adultas, ocuparon la cuarta posición en 2022, 2019 y 2018; se ubicó segunda en 2021 y quinta en 2020 [1]. La gráfica a continuación, muestra cómo se han disparado las estadísticas de muerte por cáncer de mama durante los últimos años en este país. No obstante, en entrevista a expertos sobre el tema, especialistas médicos opinaron: “más que un aumento en el número de casos, esas estadísticas reflejan que se ha mejorado en el diagnóstico”. Prevalció el criterio de que, en años anteriores, un gran número de las defunciones por esta enfermedad no fueron diagnosticadas, ni siquiera post mortem.

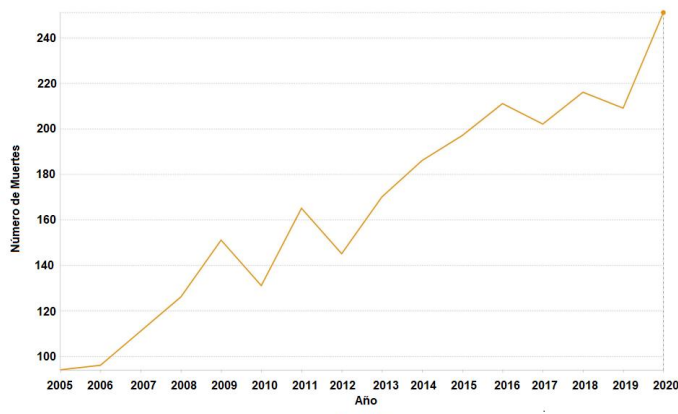


Fig. 1. Defunciones de mujeres causados por cáncer de mama y registrados en Nicaragua (2000–2021). Fuente: OMS [2].

Este flagelo no es local. En la Región de las Américas, el cáncer de mama es la segunda causa de defunciones por tumores malignos (17.5%), entre la población femenina. Se han registrado cerca de medio millón de nuevos casos de esta patología y más de 100.000 fallecimientos, causados por este mismo mal. Es el padecimiento por cáncer que más se diagnostica entre las mujeres en las Américas (30.7%) [3].

A nivel mundial, las enfermedades cancerosas constituyen la segunda causa de muerte [4]. El cáncer de mama es el más común. Tan solo en el año 2020, fueron diagnosticadas 2,3 millones de mujeres. Ese mismo año, se reportaron 685000 muertes por esa patología en todo el mundo. Los países, con ingresos medios y bajos, registran la mayoría de las víctimas mortales de esta enfermedad. Se estima que, aproximadamente una de cada doce mujeres padecerá este mal [5], [6]. Afortunadamente, hay algunas acciones que pueden contribuir a prevenir el cáncer. Entre ellas, se destaca el diagnóstico temprano de esta enfermedad y su incidencia en la reducción de las tasas de mortalidad [3], [4], [5], [6].

La OPS/OMS trabaja con los ministerios de salud en América Latina y el Caribe para prevenir el cáncer, detectarlo de forma temprana y mejorar el tratamiento. Sin embargo, todo esto bajo técnicas estándares, que incluyen: mamografía, ecografía mamaria, resonancia magnética, entre otras. Dichas técnicas son realizadas en dependencia de la situación y síntomas específicos del paciente. En los países desarrollados, se aprovechan para el diagnóstico y tratamiento, de modo relevante, herramientas TIC's, como modelos de machine learning.

No obstante, se puede observar que, en el contexto nicaragüense, la mayoría de los operadores de salud utilizan muy poco estos recursos que podrían ser de gran utilidad. En muchas comunidades de este país, algunas bastante aisladas, la atención médica depende de médicos generales y estudiantes de medicina que realizan su servicio social. Para ellos, tener acceso a un modelo de machine learning que les sirva de apoyo en su trabajo diario, podría representar una “segunda opinión” y ayuda en el diagnóstico oportuno de enfermedades que, como el cáncer de mamas, afectan a la población del país.

Tomando en cuenta cómo está afectando el cáncer de mama a la población femenina, y observando una oportunidad en el uso de recursos de inteligencia artificial para la valoración médica de las pacientes, se inició en la Universidad Nacional de Ingeniería, un proyecto de adaptación tecnológica que se propone, implementar un modelo de machine learning para el diagnóstico temprano de esta patología. En la asesoría médica del mismo, se ha contado con la colaboración de la “Asociación para el apoyo de la nueva familia en Nicaragua” (ANFAM) y sus clínicas en Managua, del Programa Centro de Mujeres IXCHEN. Para su puesta en marcha, se planteó, en lo específico:

- Identificar los orígenes de datos pertinentes y modelos factibles para su implementación.
- Procesar los datos recopilados para su uso en la implementación del modelo.
- Crear un modelo de aprendizaje automático adecuado para la determinación del carácter de una enfermedad mediante el examen de sus signos.
- Implementar el modelo creado para que sirva de apoyo al oportuno diagnóstico médico de cáncer de mamas.
-

II. PROCEDIMIENTO PARA ABORDAR EL TEMA

Durante los últimos años, se han evidenciado a nivel global, los avances alcanzados en inteligencia artificial, a través de la implementación de modelos de machine learning. No obstante, al indagar sobre las líneas de investigación de la comunidad de investigadores e innovadores de la Universidad Nacional de Ingeniería, se observó muy pocos proyectos desarrollados sobre este tópico. También se pudo notar que, en ese momento, los planes de estudios de las asignaturas del grado no estaban actualizados en cuanto a este tema. Además, pocos docentes e investigadores trabajaban aspectos relacionados con el desarrollo de la inteligencia artificial y sus aplicaciones. Esto disparó las alarmas entre algunos de los miembros de esta comunidad universitaria e hizo destacar un nicho de oportunidad para proyectos inmediatos y futuros.

Al profundizar sobre los antecedentes del tema a nivel nacional, tampoco se encontraron resultados relevantes de proyectos realizados previamente en el país. Se procedió entonces a buscar trabajos sobre este mismo tópico, realizados a nivel de la región del Caribe, América Central y del Sur. Específicamente, se realizó la búsqueda de información sobre trabajos de investigación o innovación donde se abordan, con el uso de técnicas y/o modelos de machine learning, el diagnóstico de cáncer de mama. Se tuvo en cuenta los siguientes criterios para preseleccionar los artefactos a tomar como referentes en este proyecto:

1. Que fuesen trabajos de investigación o innovación sobre implementación de modelos de machine learning aplicados al diagnóstico médico de cáncer de mama en pacientes mujeres.
2. Estos proyectos debían haberse realizado en los últimos 5 años y la documentación del mismo debía estar escrita en idioma español (de preferencia) o inglés.
3. En dichos trabajos, se debían utilizar conjuntos de datos (datasets), con licencias de código abierto, disponibles al público en general. Los trabajos mismos no debían tener restricciones por licencias que imposibiliten su uso como referentes para un proyecto de innovación tecnológica.
4. Que sus resultados y/o propuestas, pudieran ser de fácil adaptación, en las condiciones que prevén tener para realizar este trabajo en la Facultad de Electrotecnia y Computación de la Universidad Nacional de Ingeniería (con sede en Managua, Nicaragua).

El motivo para indagar sobre estos tópicos, era encontrar ideas útiles que sirvieran de guía en el proceso de innovación o adaptación tecnológica en la implementación de modelos de machine learning para el diagnóstico temprano del cáncer de mama. Como resultado de este proceso de indagación y búsqueda de información bibliográfica útil, se destacan los trabajos que se mencionan en los siguientes acápite.

A. Proyecto de Investigación titulado “Modelo en machine learning para el diagnóstico del cáncer de mama”.

Se consultó el artefacto correspondiente [7]. En el mismo, se observó que aplicaron modelos de machine learning para el diagnóstico del cáncer de mama utilizando un conjunto de datos elaborado por investigadores de la Universidad de Wisconsin [8]. Se desarrolla a partir de muestras de un examen médico llamado biopsia por aspiración con aguja fina (BAAF, por sus siglas en inglés), el cual es realizado mediante la introducción de una aguja fina en la masa mamaria para tomar la muestra. Con la información obtenida de estos exámenes, se llevó a cabo un enfoque de machine learning clásico, utilizado cuando se abordan problemas de visión computacional. Se partió de imágenes de muestras del examen BAAF y se digitalizaron 10 características distintivas (en las imágenes), que permitieran determinar si un tumor es benigno o maligno [7], [8]. Para cada una de ellas, se obtuvo valor medio, extremo y error estándar, para un total de 30 variables descriptivas que se utilizaron en el entrenamiento del modelo de machine learning.

En el trabajo se aprecia que, tomando en cuenta la naturaleza del problema a resolver, se utilizaron algoritmos de clasificación (se refieren a 6 de ellos). También se observó que, previo al desarrollo de los modelos que implementaron, se dividió el conjunto de datos en 2 subconjuntos más pequeños: el conjunto de datos de entrenamiento y el de prueba, lo cual ayuda a probar cada modelo resultante en datos no vistos durante el proceso de entrenamiento. Se lee en la publicación que, el conjunto de datos utilizado, se dividió en un 75% para el entrenamiento del modelo y el restante 25% para probarlo. Además, desarrollaron un aplicativo llamado BreastApp, el cual les permite realizar entrenamiento y predicciones por medio de un modelo de servicios [7].

De la lectura realizada a este documento, se deduce que probaron la precisión de las clasificaciones del modelo resultante sobre los datos de entrenamiento y no sobre los datos de prueba. Se supone que el propósito de la división del conjunto de datos total en datos de entrenamiento y datos de prueba es el de asegurar que el modelo generaliza correctamente a datos no vistos durante el entrenamiento. Si el modelo se prueba sobre los datos de entrenamiento, es de esperar que se obtenga una buena métrica de precisión, debido a que estos datos ya se han visto previamente, durante la etapa de entrenamiento. No obstante, existe la posibilidad de que el modelo no esté aprendiendo correctamente.

Además, como parte del proceso de adaptación tecnológica, se intentó replicar los modelos implementados. Para ello se trabajó con Python y las bibliotecas de que se dispone en este lenguaje para implementar modelos de machine learning. Se pudo observar, en las estadísticas descriptivas de los experimentos realizados, la ocurrencia de evidentes diferencias en el rango de valores manejados por las distintas características. Consecuentemente, se pudo corroborar que, en machine learning, ciertos algoritmos no son invariantes a la escala. Por ejemplo, el algoritmo de agrupamiento por k-media computa el espacio entre dos puntos utilizando la distancia euclidiana. De manera que, si un atributo tiene un rango de valores amplio, la distancia resultante estará sesgada por este atributo. El resultado de esto es que los atributos con valores más pequeños contribuirán poco al aprendizaje del modelo. Eso significa que es necesario realizar un escalamiento en cada una de las características para estandarizarlas.

Tomando en cuenta las observaciones anteriores, para el presente proceso de adaptación tecnológica, primeramente, se hizo el cálculo de algunas estadísticas descriptivas y la distribución de las variables. Se realizó un escalamiento en cada una de las características, utilizando la fórmula de estandarización:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Se redujo la media de **x** a todos en cada punto individualmente y se dividió por la desviación estándar. Esto dio como resultado una nueva característica **z**, con valores estandarizados, pero que siguen la misma distribución. Para su codificación, se utilizó el módulo **preprocessing** y la clase **StandardScaler** (biblioteca **sklearn**). De esta clase, se aplicó el método **fit_transform**, el cual recibe como parámetro la característica o conjunto de características a ser estandarizadas y retornan el conjunto de características estandarizadas. Se comprobó que siguen la misma distribución. En las siguientes ilustraciones, se muestran los resultados obtenidos para la característica **radius_mean**, antes y después de estandarizar. En ambas ilustraciones, se observa que sigue la misma distribución, pero el rango de valores es reducido por la fórmula de estandarización.

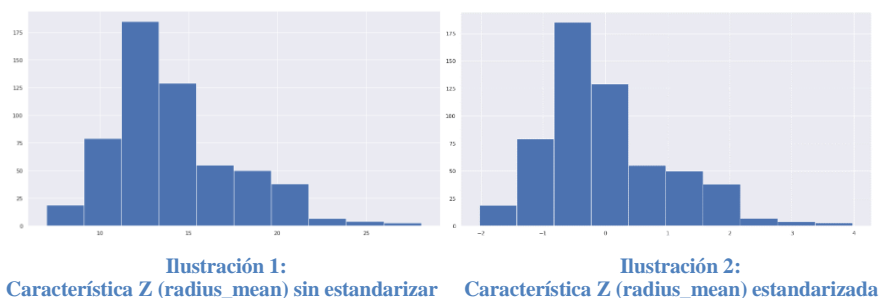


Fig. 2. Característica Z, antes y después de estandarizar. Fuente: Ilustraciones propias.

Se tomó en cuenta que, antes de proceder a construir y entrenar un modelo de aprendizaje, es necesario medir su desempeño con datos nunca antes utilizados. Es decir, que no hayan sido empleados para entrenar al modelo. Para ello, se utilizó la función **train_test_split** (biblioteca **sklearn.model_selection**). A continuación, se procedió a ajustar el parámetro **test_size** para determinar qué porcentaje del conjunto de datos será utilizado como datos de prueba. En el desarrollo de este modelo, se empleó el algoritmo de árboles aleatorios (Random Forest), que luego fue entrenado con el método **fit**, sobre los datos de entrenamiento.

Finalmente, se usó el conjunto de datos de prueba para medir la precisión de las predicciones. Utilizando la función **predict** sobre los datos de prueba, se obtuvo las predicciones del modelo recién entrenado. A continuación, estas predicciones se compararon con los valores reales (datos de prueba, que son conocidos), para obtener así una medida de cómo se comporta el modelo con datos nuevos.

```
[Precisión] Random Forest: 0.9590643274853801

[Reporte de Clasificación] Random Forest
precision recall f1-score support
B 0.97 0.96 0.97 103
M 0.94 0.96 0.95 68

accuracy 0.96 171
macro avg 0.96 0.96 0.96 171
weighted avg 0.96 0.96 0.96 171
```

Fig. 3. Informa de clasificación: precisión del modelo obtenido. Fuente: Imagen propia.

En la imagen anterior, se puede observar, utilizando la función **classification_report** (biblioteca **sklearn**), qué tan preciso es el modelo obtenido. En este caso, la precisión supera el 95%. A pesar de estos resultados, esta solución se descartó, principalmente, por dos razones:

1. Se necesitaba disponer de un conjunto de datos más amplio, que incluyera casos que reflejaran las características étnicas de la población nicaragüense. Pero los laboratorios que realizan los estudios de las nuevas muestras de BAAF disponibles para este trabajo, no disponen de los recursos necesarios para la digitalización de imágenes de dichas muestras.
2. Tampoco se dispone de las herramientas de software empleadas por los creadores del conjunto de datos de Winsconsin [8], la cual les permitió a ellos obtener, a partir de las imágenes de muestras de BAAF, la descripción de sus características distintivas o relevantes. De manera que no era posible agregar la información correspondiente a nuevos casos a dicho conjunto de datos.

También se valoró otros enfoques para tratar problemas de visión computacional. Un ejemplo, son las redes convolucionales, las cuales se han convertido en un estándar ampliamente utilizado para la solución de este tipo de problemas. De allí que se continuara indagando sobre otros trabajos precedentes que pudieran brindar alguna idea de cómo abordar el presente proyecto de adaptación tecnológica.

B. Tesis para obtener grado de maestría: “Análisis de la implementación de Machine Learning en el diagnóstico por imágenes”.

En este trabajo [9], se plantean como objetivo realizar un análisis de los principales beneficios y barreras asociados a la implementación de machine learning en el diagnóstico por imágenes. Siguiendo una metodología de tipo exploratoria, identifican algunas tendencias, tomando en cuenta las relaciones potenciales que existen entre ciertas variables y estableciendo una propuesta de cómo abordar proyectos de este tipo en investigaciones posteriores.

Al ser un trabajo que destaca aspectos de tipo teórico y metodológico, aplicables al diagnóstico por imágenes, su principal aporte al presente proyecto es servir de guía en la aplicación de técnicas modernas de la inteligencia artificial en la solución de problemas como los que se abordan en el proyecto actual.

C. Proyecto de Investigación “Artificial Intelligence System Reduces False-Positive Findings in the Interpretation of Breast Ultrasound Exams”.

El artículo aborda el tema de cómo los sistemas basados en inteligencia artificial reducen la tasa de falsos-positivos en la interpretación de exámenes de ultrasonido de mama [10]. En este caso, se construyó una red neuronal basada en la arquitectura ResNet, la cual se centra en extraer representaciones de cada imagen. Luego, a estas representaciones les aplican filtros convolucionales seguido de una función de activación sigmoide. Estas salidas se conocen como mapas de prominencia (saliency maps), los cuales destacan las posiciones aproximadas de lesiones malignas o benignas en cada imagen.

Según los resultados publicados, este sistema de inteligencia artificial, logra una precisión a nivel de radiólogo, al momento de identificar cáncer de mama en imágenes de ultrasonidos. Utilizaron un conjunto de datos [11] consistente de 288,767 exámenes de ultrasonido de 143,203 pacientes examinados en centro NYU Langone Health, entre los años 2012 y 2019. Durante las pruebas, el sistema de inteligencia artificial logra un valor de la métrica AUROC (Area Under the Receiver Operating Curve) de 0.976, más alto que las estadísticas de los radiólogos especializados en el diagnóstico basado en ecografías de mama.

Se destaca en el artefacto, una reducción de la tasa de falsos-positivos en un 37.4%. Como consecuencia, disminuyó el número de solicitudes de biopsias en un 27.8%, mientras se mantiene los mismos niveles de sensibilidad. Para confirmar su generalidad, se evaluó el sistema en un conjunto de datos de prueba externo en donde se logró una métrica de AUROC del 0.911.

En el presente proyecto de adaptación tecnológica, se tuvo en cuenta la forma en que ellos desarrollaron el conjunto de datos, detallado en [11]. En este caso, el desarrollo principal del modelo implementado, también se basa enteramente en un conjunto de datos externo [12], el cual es utilizado en este trabajo para probar la generalidad de su modelo. Además, en esta adaptación, se tuvo en cuenta lo concerniente a la recopilación y preprocesamiento de imágenes, donde se detalla los parámetros obtenidos a partir de los archivos con formato DICOM.

D. Proyecto de Investigación “U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation”.

En este trabajo [13], se presenta una arquitectura y estrategia de entrenamiento basada en el fuerte uso de las técnicas de “Data Augmentation”, para usar las muestras anotadas disponibles de manera más eficiente. Se propone una solución al problema planteado por la premisa de que el entrenamiento exitoso de redes neuronales profundas (redes de aprendizaje profundo o deep learning), requiere muchos miles de muestras de entrenamiento anotadas.

A partir de una red y estrategia de entrenamiento soportada por el uso de “Data Augmentation”, se usan las muestras anotadas disponibles de manera más eficiente. Esta arquitectura consiste en un camino de contracción para capturar el contexto y un camino de expansión simétrica que permite precisar la localización. Se plantea que esta red puede ser entrenada, de principio a fin, a partir de muy pocas imágenes, y superar otros métodos utilizados previamente para la segmentación de estructuras neuronales en pilas microscópicas de electrones.

Específicamente, el modelo desarrollado se basa en la arquitectura U-Net. Básicamente, consta de dos vías. Primero, un camino de contracción (o codificador), que permite captar el contexto de la imagen. Se crea un mapa de características de la imagen y se reduce su tamaño para disminuir el número de parámetros en la red. Segundo, un camino expansivo (decodificador), que permite mejorar la localización, mediante la convolución transpuesta. En este caso, el camino contractivo sigue la arquitectura típica de una red convolucional. En la capa final, se usa una convolución de 1x1 para asignar cada vector de características de 64 componentes al número deseado de clases. En total, la red tiene 23 capas convolucionales.

III. ADAPTACIÓN TECNOLÓGICA

A. Aspectos tomados en cuenta de trabajos anteriores

Tomando en consideración los elementos de interés de los trabajos referidos previamente, se procedió a la búsqueda de un modelo para ser implementado en este proceso de adaptación tecnológica. En este punto, se valoró, una solución para el mismo, que combina un modelo de clasificación con uno de segmentación.

Con eso en mente, se empezó a trabajar con un conjunto de datos elaborado en 2018 por investigadores en la Universidad de El Cairo [12]. Este contiene 780 imágenes de escáner de ultrasonido de mama realizado a 600 mujeres, con edades entre 25 y 75 años. De esas imágenes, 437 están clasificadas como benignas, 210 malignas y 133 negativas (no presentan lesiones). Tienen formato PNG y se emplearon para el desarrollo de modelos de clasificación, detección y segmentación del cáncer de mama.

El modelo de segmentación es construido a partir de una arquitectura de red neuronal conocida como U-NET y que internamente utiliza redes convolucionales para la segmentación de imágenes biomédicas. Esta arquitectura es mayormente usada por su rápida y precisa segmentación de imágenes. La misma puede ser directamente convertida a código utilizando la librería TensorFlow. Una vez definida la arquitectura, se procede a compilar el modelo. En este caso (aprendizaje profundo), significa ajustar 3 parámetros: optimizador, función de pérdida y métricas para ver el desempeño del modelo mientras se entrena.

A continuación, se entrenó el modelo con las imágenes de entrada y su respectiva segmentación. Esto se hizo por 50 epochs o iteraciones (cantidad de veces que se realiza la predicción sobre cada uno de los datos de entrenamiento), donde se optimizaron los parámetros del modelo. Una de las ventajas de esta arquitectura es la poca cantidad de iteraciones necesarias para entrenar el modelo y obtener resultados correctos. Después de entrenar el modelo, se obtuvo el siguiente gráfico, el cual muestra: la función de pérdida, que se reduce a medida que continúa el entrenamiento (línea azul) y la precisión del modelo, la cual aumenta con el entrenamiento (línea naranja).

```
plt.plot(retVal.history['loss'], label = 'training_loss')
plt.plot(retVal.history['accuracy'], label = 'training_accuracy')
plt.legend()
plt.grid(True)
```

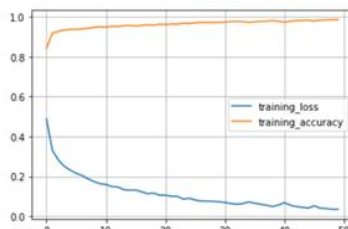


Fig. 4. Función de pérdida .VS. Precisión del modelo. Fuente: Imagen propia.

Se valoró que, para el éxito de este proceso de adaptación tecnológica, es importante que las imágenes se ajusten a la dimensionalidad esperada por el modelo. Por eso, se implementó una función que realiza ese ajuste. De esta manera, es posible realizar predicciones para nuevos datos de entrada, como se muestra en el siguiente ejemplo:

```
test_data = loadImages(BASE_PATH)

predict = model.predict(test_data)

plt.figure(figsize=(9,9))
plt.subplot(1,3,1)
plt.imshow(test_data[1])
plt.title('ultrasound image')

plt.subplot(1,3,2)
plt.imshow(predict[1][:,:,0])
plt.title('predicted image')

Text(0.5, 1.0, 'predicted image')
```

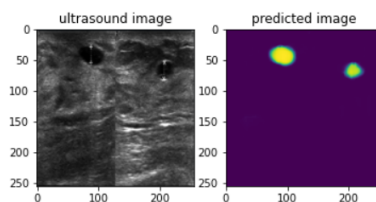


Fig. 5. Predicciones con nuevos datos de entrada. Fuente: Imagen propia.

B. Modelo de clasificación

El diseño del conjunto de datos utilizado facilitó el desarrollo de un modelo de clasificación. Esto debido a su estructura en carpetas, donde se almacenan las imágenes, clasificándoles en 3 categorías: benigno, maligno y normal. Sin embargo, para cada categoría, fue necesario eliminar los datos de “máscaras”, que fueron utilizados en el modelo de segmentación. Esto porque en situaciones reales, las máscaras no serán utilizadas para clasificar imágenes de ultrasonido en cada una de las categorías. En su lugar, se creó un nuevo conjunto de datos que permite realizar la tarea de clasificación. Primero, se obtuvo los archivos con las imágenes de ultrasonidos sin su “máscara”, las cuales fueron filtradas. Luego, se mueven los archivos a un nuevo directorio que se utilizará para construir el modelo de clasificación.

Las imágenes son cargadas con la siguiente dimensionalidad: (32, 256, 256, 3). Cada uno de estos valores corresponde a 32 imágenes, con 256 píxeles de alto, 256 píxeles de ancho y 3 canales RGB (Red, Green, Blue). Luego, se definen los conjuntos de datos de entrenamiento y de validación. Estos dos conjuntos de datos se utilizan para el entrenamiento del modelo creado. A continuación, se estandarizan los valores asociados a las imágenes, que inicialmente, están compuestas por datos numéricos en el rango de 0 a 255. Como parte del proceso de estandarización, las imágenes pasan a tomar valores en un rango de 0 a 1. Los resultados finales, obtenidos en este caso, mostraron un valor mínimo de 0.0038 y un valor máximo es 0.9950). Por último, se creó la primera versión del modelo y se procedió a su compilación.

Resumen del modelo

```
In [17]: model.summary()
Model: "sequential"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
rescaling_1 (Rescaling)	(None, 256, 256, 3)	0
conv2d (Conv2D)	(None, 256, 256, 16)	448
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 128, 128, 16)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 128, 128, 32)	4640
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 64, 64, 32)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 64, 64, 64)	18496
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 32, 32, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 65536)	0
dense (Dense)	(None, 128)	8388736
dense_1 (Dense)	(None, 3)	387

Total params: 8,412,707
Trainable params: 8,412,707
Non-trainable params: 0

Fig. 6. Resumen del modelo. Fuente: Imagen propia.

La imagen anterior, muestra un resumen del modelo. Este fue entrenado por 10 iteraciones. Durante el entrenamiento, se ajustaron sus parámetros internos, conocidos como weights (pesos), con la meta de minimizar el error en las clasificaciones. En cada iteración, se calculan las predicciones con los parámetros actuales del modelo y al final se calcula el error y se propaga este error a cada una de las capas anteriores, utilizando un algoritmo llamado **backpropagation** (propagación hacia atrás). En este caso, se repitió 10 veces el proceso de ajustar los parámetros internos del modelo, calcular el error y propagar el error. Después de entrenado el modelo, se comprobó la evolución de su precisión y el error, a medida que pasan las iteraciones.

Se observó la precisión del modelo para los conjuntos de datos de entrenamiento y el conjunto de datos de validación. Se comprobó un comportamiento típico de sobreajuste en los datos de entrenamiento. Es decir, el modelo empieza a memorizar los datos de entrenamiento y no está realmente aprendiendo. También se apreció un comportamiento similar para la pérdida. Pudo observarse cómo esta disminuye para los datos de entrenamiento, pero no así para los datos de validación. Una técnica para evitar el sobreajuste observado es la llamada "aumentación de datos" (data augmentation) [13], que se aplicó a como se muestra en el siguiente fragmento de código:

Data augmentation

```
In [20]: data_augmentation = tf.keras.Sequential(
[
    tf.keras.layers.RandomFlip("horizontal",
        input_shape=(img_height,
            img_width,
            3)),
    tf.keras.layers.RandomRotation(0.1),
    tf.keras.layers.RandomZoom(0.1),
])
```

Fig. 7. Aplicación de la técnica "Data augmentation". Fuente: Imagen propia.

Otra técnica probada en esta primera etapa del proceso de adaptación tecnológica, consiste en introducir una capa de Dropout, la cual sirve para "apagar" un porcentaje de neuronas de la capa anterior. Con esto se busca evitar el sobreajuste al reducir la posibilidad de que algunas neuronas tengan un mayor peso sobre las demás. Este "apagón" de neuronas se hace de manera aleatoria en cada época. De manera que, neuronas apagadas en la época anterior, podrían no estarlo en la siguiente, reduciendo así la dependencia entre neuronas.

Dropout

```

model = tf.keras.Sequential([
    data_augmentation,
    tf.keras.layers.Rescaling(1./255),
    tf.keras.layers.Conv2D(16, 3, padding='same', activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(),
    tf.keras.layers.Conv2D(32, 3, padding='same', activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, 3, padding='same', activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(),
    tf.keras.layers.Dropout(0.2),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(num_classes)
])
    
```

Fig. 8. Aplicación de la técnica “Dropout”. Fuente: Imagen propia.

En este punto, el modelo es compilado y entrenado de nuevo. El resultado se resume en este gráfico:

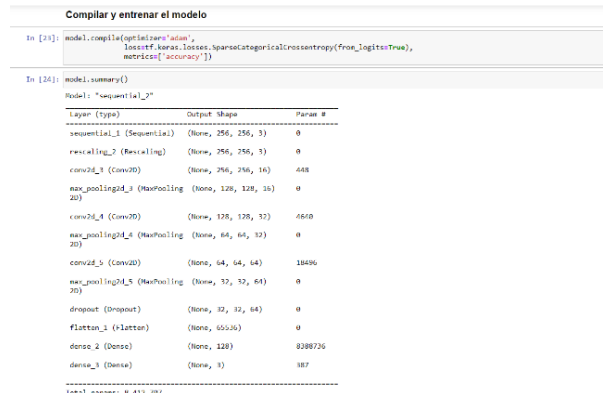


Fig. 9. Compilar y entrenar el modelo. Fuente: Imagen propia.

Se volvió a comprobar la precisión del modelo para los conjuntos de datos de entrenamiento y validación, respectivamente. Los resultados, se muestran en la figura a continuación, donde pueden apreciarse las mejoras significativas logradas en las predicciones, después de aplicar las técnicas de “data augmentation” y “dropout”.

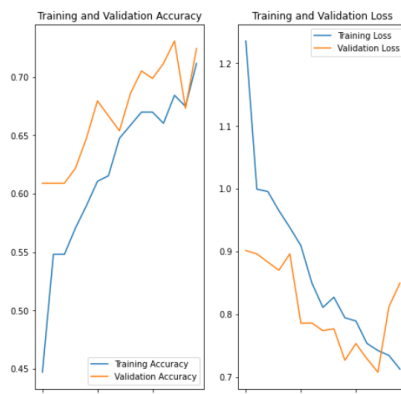


Fig. 10. Entrenamiento y validación: precisión y pérdida. Fuente: Imagen propia.

A manera de resumen, se puede afirmar que, durante el proceso de predicción, en condiciones de laboratorio, la máquina de aprendizaje ejecuta los siguientes pasos:

1. Carga la imagen de ultrasonido proporcionada.
2. La red neuronal convolucional implementada extrae las características de la ecografía.
3. La imagen se segmenta para identificar las zonas afectadas que se aprecian en el ultrasonido.
4. Clasifica la imagen en una de tres posibles categorías: benigno, maligno o normal.

Llegar a este punto, permite pasar a la siguiente etapa, en la cual, la máquina de aprendizaje será probada, con nuevos casos, por médicos especialistas en el diagnóstico de la enfermedad.

IV. CONCLUSIONES

El presente trabajo, aún está en proceso. El modelo, en este punto, deberá ser puesto a prueba por personal médico especializado en radiología, en el análisis de imágenes de ultrasonido y en diagnóstico médico de cáncer de mama, utilizando estas ecografías. La retroalimentación que brinden en esta etapa, servirá para corregir, mejorar y poner a punto la implementación definitiva del modelo. Esto incluye, ajustar apropiadamente el conjunto de datos utilizado por la máquina de aprendizaje automático que finalmente será puesta en producción.

Se recomienda que el modelo a probar se instale en una plataforma en la nube, para facilitar el acceso al mismo a través de Internet. Esto contribuirá a aprovechar con mayor eficiencia el trabajo del personal médico, durante las pruebas.

V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración brindada en este trabajo, a la “Asociación para el apoyo de la nueva familia en Nicaragua” -ANFAM-, creadora del Programa Centro de Mujeres IXCHEN. Especialmente, se agradece la colaboración y apoyo brindados por la presidente de esta asociación, la coordinadora médica, así como al personal médico especializado, de sus clínicas en la ciudad de Managua.

VI. REFERENCIAS

- [1] "Mapa Nacional de la Salud en Nicaragua - Datos Estadísticos", Ministerio de Salud, 2023. [En línea]. Disponible en <https://mapasalud.minsa.gob.ni/mapa-de-padecimientos-de-salud-de-nicaragua/>. [Accedido: 01-junio-2023].
- [2] "WHO MORTALITY DATABASE - Interactive platform visualizing mortality data", Organización Mundial de la Salud, 2023. [En línea]. Disponible en <https://platform.who.int/mortality/themes/theme-details/topics/indicator-groups/indicator-group-details/MDDB/breast-cancer>. [Accedido: 01-junio-2023]
- [3] "Cáncer", Organización Panamericana de la Salud, 2023. [En línea]. Disponible en <https://www.paho.org/es/temas/cancer>. [Accedido: 01-junio-2023]
- [4] "Cáncer", Organización Mundial de la Salud, 2023. [En línea]. Disponible en https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_1. [Accedido: 01-junio-2023]
- [5] "Cáncer de mama", Organización Mundial de la Salud, 2023. [En línea]. Disponible en <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>. [Accedido: 01-junio-2023]
- [6] "Cáncer de mama – Datos y cifras", Organización Mundial de la Salud, 2023. [En línea]. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>. [Accedido: 01-junio-2023]
- [7] J. Robles Fajardo, J. Millán Gómez, "Modelo en Machine Learning para el Diagnóstico del Cáncer de Mama", Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Sistema de Bibliotecas - Repositorio Institucional. [En línea]. Disponible en <https://repositorio.udistrital.edu.co/handle/11349/25070>. [Accedido: 01-junio-2023]
- [8] "Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic) Data Set", UCI - Machine Learning Repository - Center for Machine Learning and Intelligent Systems. [En línea]. Disponible en [https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer+Wisconsin+\(Diagnostic\)](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer+Wisconsin+(Diagnostic)). [Accedido: 01-junio-2023]
- [9] A. Levi, A. Prince, "Análisis de la implementación de Machine Learning en el diagnóstico por imágenes", Universidad de San Andrés - Biblioteca Max von Buch - Repositorio Digital de San Andrés. [En línea]. Disponible en <http://hdl.handle.net/10908/16748>. [Accedido: 02-junio-2023]
- [10] Y. Shen et al. "Artificial intelligence system reduces false-positive findings in the interpretation of breast ultrasound exams", Nature Communications 12, 5645 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26023-2>.
- [11] N. Wu et al. "The NYU Breast Ultrasound Dataset v1.0", 2021. [En línea]. Disponible en https://cs.nyu.edu/~kgeras/reports/ultrasound_datav1.0.pdf. [Accedido: 02-junio-2023]
- [12] W. Al-Dhabyani, M. Goma, H. Khaled and A. Fahmy. Dataset of breast ultrasound images. Data in Brief. 2020 Feb;28:104863. DOI: 10.1016/j.dib.2019.104863. [En línea]. Disponible en <https://scholar.cu.edu.eg/?q=afahmy/pages/dataset>. [Accedido: 05-junio-2023]
- [13] O. Ronneberger, P. Fischer and T. Brox, "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation", in Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015, 8th International Conference, Munich, Germany, October 5-9, 2015, pp. 234–241.

Redes Neuronales en la Detección de Infecciones Respiratorias Agudas

Neural Networks in Acute Respiratory Infection Detection

Fabio Garcia Ramirez, Erick Pico Echenique

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (Colombia)

fgarcia@tecnologicocomfenalco.edu.co, picoE@outlook.com

Resumen — La investigación desarrollada se orienta hacia socializar los resultados de la experiencia de detección de infecciones respiratorias agudas mediante Redes Neuronales, soportado en un análisis de requerimientos, evaluación y utilización de datos. La metodología utilizada implicó el desarrollo de las fases correspondientes a búsqueda del conjunto de datos, análisis y depuración, diseño y construcción y evaluación.

Palabras clave; *aprendizaje automático; enfermedad respiratoria aguda; redes neuronales.*

Abstract — The research developed is oriented towards socializing the results of the experience of detecting acute respiratory infections by means of Neural Networks, supported by an analysis of requirements, evaluation and use of data. The methodology used implied the development of the phases corresponding to the search of the data set, analysis and debugging, design and construction, and evaluation.

Keywords; *machine learning; acute respiratory disease; neural networks.*

I. INTRODUCCIÓN

Las infecciones respiratorias agudas (IRA) tienen gran impacto sobre la salud de niños y adultos a nivel mundial, debido al cóctel de virus, bacterias y hongos que conllevan [1]. Están conformadas por un grupo de enfermedades que se producen en el aparato respiratorio, ocasionadas por diferentes microorganismos como virus y bacterias. [2]

Las tasas de mortalidad por IRA en menores de 5 años en Colombia, entre los años 2005 a 2022, registra las siguientes cifras: mínimo 0.79, máximo de 27,91 y promedio en 17,33 [3]; con relación al Departamento de Bolívar, en los mismos periodos de años, las cifras son las siguientes: mínimo de 0.0, máximo de 53.92 y promedio de 20.68 [3]. De acuerdo con el Boletín Epidemiológico Semanal del Instituto Nacional de Salud, el comportamiento histórico de IRA en el país, indica que se presentan dos periodos en el año donde se incrementan las consultas y hospitalizaciones: el primero correspondiente al periodo entre Marzo a Junio, y el segundo entre los meses de Septiembre a Diciembre. [4]

Para el año 2020 en Colombia murieron más de 2.643 personas por neumonía e influenza y si nos vamos a un entorno más local, en la ciudad de Cartagena para el año 2018 se registraron 271 muertes en menores de 5 años y más de 223 muertes en menores de 1 año, lo que representaba 14 muertes por cada 1.000 niños nacidos vivos, la mayoría de ellos provenientes de hogares ubicados en estratos 1 y 2, donde la pobreza puede ser un factor de vulnerabilidad para estas enfermedades. Si se comparan estos datos con la enfermedad que generó la pandemia del COVID-19, los resultados no serían más que una sombra ante la gran cantidad de contagiados activos y muertos que ha dejado dicha enfermedad que al igual que la bronquitis, neumonía e influenza es una Enfermedad Respiratoria Aguda(ERA) que afectan directamente a los órganos que están relacionados con el sistema respiratorio, es decir, afectan: nariz, oídos, garganta, bronquios y pulmones. [5]

El escenario descrito anteriormente, posibilita una oportunidad para considerar la problemática de la detección oportuna de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), con interrogantes como:

¿De qué forma se puede ayudar a los especialistas en el área de la medicina a detectar las I.R.A. o E.R.A. con mucha más anticipación?

¿Cómo se puede detectar y/o predecir este tipo de enfermedades empleando la inteligencia artificial?

El análisis de la problemática indicada se puede observar en la siguiente Figura:

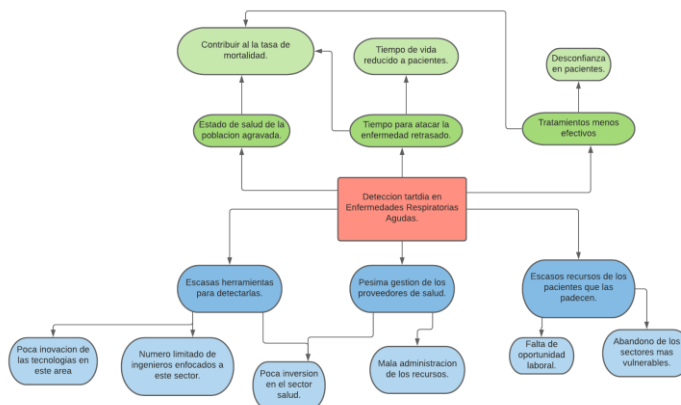


Figura 1. Árbol del Problema

Destacando el problema principal que se aborda (en color rojo), el cual corresponde a la detección tardía de las infecciones respiratorias agudas, en donde en dicho problema se identifican unas posibles causas que pueden estar ocasionándolo (azul) como bien puede ser:

1. Escasez de herramientas para detectarlas, causado por la poca innovación que existe en esta área o porque existe un grupo pequeño de ingenieros enfocados en este sector.
2. La pésima gestión que tienen los proveedores de salud al administrar sus recursos y la falta de inversión de estos.
3. El bajo nivel económico que tienen la gran población que padecen estas enfermedades, bien sea por pocas oportunidades laborales o porque son una población en riesgo que recibe poca ayuda del gobierno.

Por último se destacan las consecuencias que esta problemática genera en nuestra sociedad (en color verde) siendo estas:

1. El estado de salud general de la población se ve totalmente comprometida incrementando de esta manera los índices de mortalidad.
2. Tiempos y tratamientos para estas enfermedades resultan ineficaces por lo que esto recortaría la esperanza de vida de una persona.
3. Con tratamientos menos efectivos se genera una falta de credibilidad ante estos, disminuyendo la asistencia de pacientes que necesitan ser tratados aumentando así la automedicación en dicha población.

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación desarrollada se orientó hacia la detección de enfermedades respiratorias mediante ayudas tecnológicas utilizando algoritmos avanzados de procesamiento y clasificación de imágenes, junto con estrategias en el campo del aprendizaje profundo como lo son el aumentado de datos [6] y la transferencia del aprendizaje [7], con el fin de poder determinar si un individuo posee o no, cierto tipo de Enfermedad Respiratoria Aguda(ERA), también conocidas como infecciones respiratorias agudas o IRA, de forma rápida y eficaz.

II. METODOLOGIA

El tipo de metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto es investigación aplicada, el cual estará basado en la recolección, análisis y el modelado de resultados de un tipo de enfermedad aguda respiratoria (neumonía), debido a que es una de las principales Infecciones Respiratorias Agudas que más contribuye a los índices de mortalidad en Colombia anualmente, con el fin de poder aplicar estos conocimientos en un modelo de inteligencia artificial y predecir el estado de los resultados de estos pacientes.

Se utilizó la metodología de prototipado, la cual comprende el desarrollo de las siguientes fases que se muestran en la siguiente Figura:



Figura 2. Árbol del Problema

En la *búsqueda del conjunto de datos*, los tipos de datos requeridos para esta investigación son visuales, específicamente imágenes las cuales son resultados de exámenes de rayos X practicados en la zona torácica de un paciente. Estas al ser resultados de exámenes médicos, son en extremo difícil de encontrar debido a la privacidad y confidencialidad que se presenta entre pacientes y médicos. Es así que, debido a esto se recurrió a la búsqueda de portales que brindaran conjuntos de datos gratis y disponibles para todo el público. De esta forma se encontró un conjunto de datos en la plataforma Kaggle, denominado como Chest xray pneumonia (<https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>) o radiografía de tórax neumonía, por sus siglas en inglés.

El *Análisis y Depuración* de los datos obtenidos, se realizó mediante el desarrollo de las tareas de Separación de Datos, Búsqueda del Modelo preentrenado, Generación de Aumento de Datos, División de los Conjuntos de Datos, Entrenamiento y Validación, las cuales se muestran en la siguiente Figura:

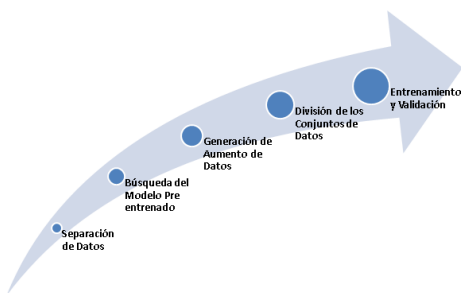


Figura 3. Tareas de la Fase de Análisis y Depuración de Datos.

A continuación se explican cada una de ellas:

- ✓ *Separación de datos.* Aquí se procede a la creación de carpetas individuales de acuerdo con el nombre o la etiqueta con la que fueron guardadas las imágenes de los resultados, de esta forma para ambos casos no importa qué tipo de nomenclatura tengan dichas imágenes estas serán clasificadas por el modelo según el nombre asignado en las carpetas, los cuales son: Normales, Bacterias y Neumonía.

- ✓ *Búsqueda del modelo preentrenado.* Para realizar esta tarea de clasificación, se decidió optar por un modelo ya entrenado en la visualización de imágenes, es por eso que se escogió el modelo MovilNetV2, el cual ha sido entrenado con millones de imágenes y miles de etiquetas, de esta forma lo que ha aprendido puede ser transferido a nuestra red para obtener resultados mucho más precisos en un tiempo mucho menor.
- ✓ *Generación de aumento de datos.* Una de las principales recomendaciones que se debe tener en cuenta cuando se trabaja con clasificación de imágenes y en general durante la producción de modelos de aprendizaje profundo es que los datos nunca sobran, de allí que si se tiene un set de datos pequeños; como en este caso; lo correcto es tratar de aumentarlo mediante cualquier tipo de técnicas, para este caso se utiliza data augmentation o el aumentado de datos, así se tendrá un set más numeroso al momento de entrenar y validar datos.
- ✓ *División de sets.* Esta fase está presente en cualquier práctica de aprendizaje de máquinas o automático, es de vital importancia siempre dividir nuestro set de datos principal en datos de entrenamientos, de donde la maquina aprenderá directamente y datos de prueba o validación donde se asegura de que aquellos conocimientos adquiridos están siendo aprendidos de forma correcta.
- ✓ *Entrenamiento y Validación.* Luego de que se realizaron todas las tareas anteriores se procede a entrenar y validar al mismo tiempo el modelo, de esta forma se verá cómo evoluciona a través de las épocas que se hayan predefinido.
- ✓ *Diseño y Construcción.* Se desarrolló con la herramienta Google Colab (<https://colab.research.google.com/?hl=es>)

Las herramientas que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron:

- Plataforma de conjuntos de datos Kaggle(<https://www.kaggle.com/>)
- Plataforma Google Codelabs (<https://codelabs.developers.google.com/>)
- Plataforma Teachable Machine(<https://teachablemachine.withgoogle.com/>)
- Lenguaje de Programación Python
- Librería de analítica de datos TensorFlow
- Google Drive

Con relación a las variables del estudio, se determinaron las siguientes:

- Independientes: etiqueta del dato, imagen a analizar
- Dependientes: nivel de precisión y nivel de pérdida.

Y el tamaño de la muestra de imágenes utilizadas para someter a prueba el modelo, es de 3325, las cuales se clasificaron de acuerdo a las etiquetas de datos, de la siguiente forma: Normales (1021), Bacterias(1680) y neumonía(624).

III. RESULTADOS

En la primera implementación, se generó el siguiente modelo de estimación de IRA, con el apoyo de la plataforma Google Codelabs, como se indica en la siguiente Figura:

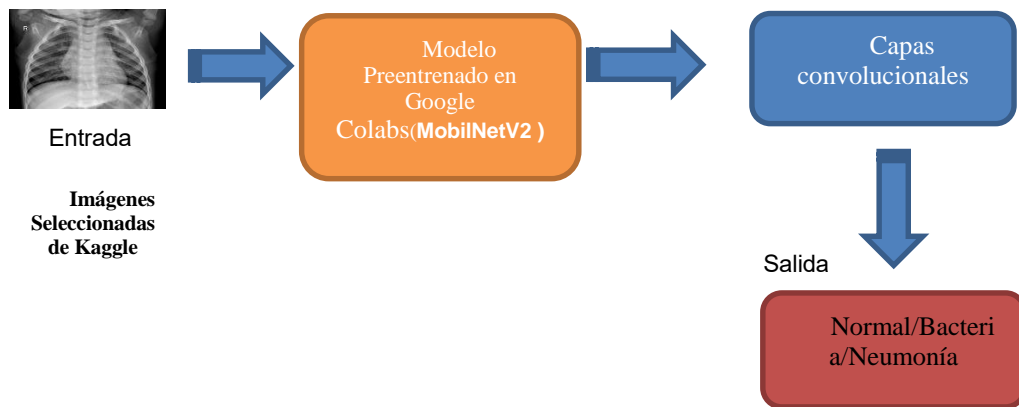


Figura 3. Modelo de Predicción del IRA mediante Google Colabs.

Se seleccionó el lenguaje de programación (Python), puesto que permite trabajar con Aprendizaje Automático y el Aprendizaje Profundo, y facilita el desarrollo del modelo de estimación, así como la incorporación de unas librerías para el aprendizaje automático a través de un rango de tareas (Tensor Flow) y las redes neuronales (Keras).

La implementación del código fuente del modelo de predicción en la plataforma Google Colabs, implicó el desarrollo de algunas tareas tales como:

- Importación de las librerías (Tensor Flow) y archivos de imágenes de entrenamiento
- Configuración del preprocesado de las imágenes
- Configuración del modelo preentrenado de estimación
- Incorporación de las capas adicionales (redes neuronales)
- Configuración de funciones de optimización y gestión de pérdida de precisión.
- Almacenamiento del código fuente resultante en formato “.tflite “

El resultado de la configuración del modelo de entrenamiento se puede observar en la siguiente figura:

```

[16] 1 model.summary()
Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape              Param #
-----
mobilenetv2_1_00_224 (Funcnti (None, 7, 7, 1280)      2257984
conv2d_04 (Conv2D)          (None, 5, 5, 32)         368672
max_pooling2d_4 (MaxPooling2 (None, 2, 2, 32)         0
dropout (Dropout)           (None, 2, 2, 32)         0
Flatten (Flatten)           (None, 128)               0
dense (Dense)                (None, 256)               33024
dense_1 (Dense)              (None, 3)                 771
-----
Total params: 2,660,451
Trainable params: 482,467
Non-trainable params: 2,257,984
  
```

Figura 4. Resultado configuración del modelo preentrenado

Los valores resultantes de los parámetros de precisión y precisión, y sus respectivas validaciones son las siguientes:

- **Pérdida:** 50%
- **Precisión:** 72%
- **Validación de pérdida:** 58%
- **Validación de precisión:** 72%

Con estos resultados es posible deducir que los valores de entrenamiento no difieren mucho de los valores de validación, esto quiere decir que, el modelo a pesar de que los resultados no sean muy altos para la precisión puede mejorar bien sea aumentando el número de imágenes a evaluar o añadiendo más épocas para

entrenar o incluso añadiendo uno que otro hiperparámetro para conseguir unas cuantas unidades más de precisión.

En la segunda implementación, se utilizó la herramienta Teachable Machine, la cual a diferencia de Google Colabs, no cuenta con un modelo preentrenado de estimación, pero permite parametrizar algunos valores para afinar la precisión de los resultados. En la siguiente Figura, se muestra un esquema general de la implementación desarrollada:

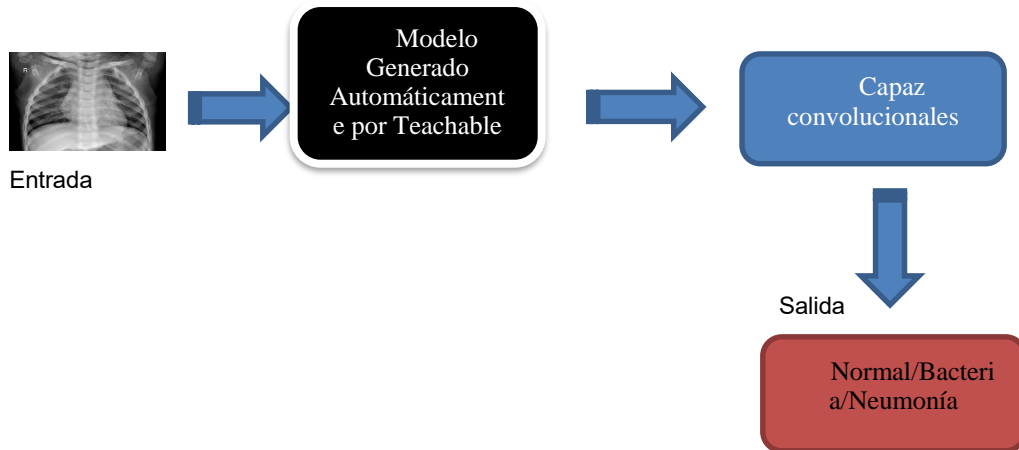


Figura 5. Modelo de Predicción del IRA mediante Teachable Machine

La implementación del código fuente del modelo de predicción en la plataforma Teachable Machine, implicó el desarrollo de algunas tareas tales como:

- Definición de las clases o categorías del modelo teniendo en cuenta el banco de imágenes
- Cargue de imágenes correspondientes a cada una de las categorías
- Configuración de parámetros del modelo
- Ejecución del Modelo
- Generación de las gráficas de resultados de precisión, pérdida y matriz de confusión

Los resultados con relación a la precisión del modelo se muestran en la siguiente Figura:

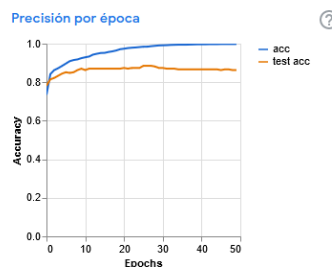


Figura 6. Resultados Precisión del Modelo

En la anterior figura se aprecia como la precisión (Línea Azul) empieza a llegar cerca del 100%, lo cual es indicativo que el modelo está presentando un ligero sobreajuste, esto se debe claramente al pequeño conjunto de datos utilizado para entrenarlo; sin embargo, en las pruebas (Línea naranja), se ve que alcanza un 89% de precisión, lo cual es bastante bueno para una implementación en el mundo real.

En lo que respecta a las pérdidas del modelo, se muestran los resultados en la siguiente Figura:

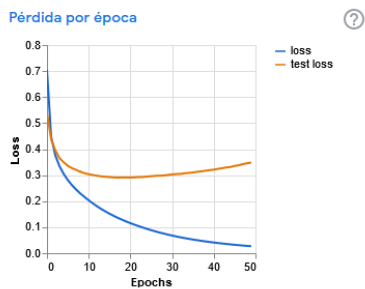


Figura 7. Resultados Pérdida del Modelo

De acuerdo con la Figura, se observa la comparativa que se realiza entre las pérdidas del entrenamiento del modelo (Línea azul) y la de los datos de pruebas (Línea naranja), destacándose que es los valores de las primeras son inferiores a las segundas (34%), lo cual puede ser debido a la cantidad de datos utilizado, lo cual es normal que se presente.

La plataforma Teachable Machine, permite generar una Matriz de Confusión, que permite monitorear el número de aciertos y fallos, así como también la precisión que existe por cada categoría o clase, lo cual se muestra en la siguiente Figura:

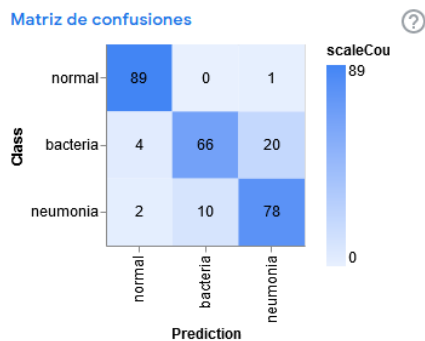


Figura 8. Matriz de Confusiones

Se observa en la Figura anterior, que para la clase neumonía, de 90 imágenes suministradas para las pruebas, el modelo acertó correctamente su predicción 78 veces, y se confundió ó equivocó en su estimación, 2 veces al indicar que era una imagen de pulmones normales, y 10 veces al indicar que era una imagen de pulmones con bacteria; es muy probable que se puedan disminuir estos errores al combinar las imágenes de bacteria con las de neumonía. De esta forma solamente se estimarían cuando una persona tiene pulmones sanos y cuando presenta complicaciones con IRA.

Finalmente, se realizó la comparativa entre los resultados obtenidos en ambas implementaciones del modelo de estimación, obteniéndose los resultados que se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla I. Comparativa de los resultados de los modelos implementados

	Precisión entrenamiento	Precisión pruebas	Perdida entrenamiento	Perdida pruebas
Modelo 1	0.72 (72%)	0.72 (72%)	0.5 (50%)	0.58 (58%)
Modelo 2	1.0 (100%)	0.89 (89 %)	0.04 (4%)	0.34 (34%)

Al revisar los resultados, se observa que el modelo 1 presenta los valores más bajos en los resultados en comparación con los del modelo 2; lo anterior implica que el primer modelo es más preciso debido a que sus resultados de entrenamiento y pruebas no son muy alejados. Se puede inferir que este primer modelo, con

un número mucho mayor de imágenes para su entrenamiento, pudo haber alcanzado una precisión deseada de 80% o más, lo cual sería idóneo para una implementación en el mundo real. Por otro lado el modelo 2, el cual muestra magníficos resultados, presenta un sobre ajuste señalado en su precisión de entrenamiento, con lo cual llega a 100%. Tomando eso en cuenta, se puede evidenciar como los resultados tanto de entrenamiento como los de pruebas están en extremo distantes unos de otros, lo cual se pudo originar debido a las imágenes limitadas con las que se entrenó dicho modelo.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados de la experiencia de la investigación realizada permiten afirmar que el desarrollo de un modelo de estimación soportado en algoritmos de inteligencia artificial (aprendizaje automático), permite distinguir y detectar pacientes con síntomas de Infección Respiratoria Aguda (IRA), a partir del suministro de imágenes que muestren diferentes estadios de la enfermedad.

El desarrollo de modelos de estimación para IRA cuenta actualmente con ayuda de herramientas y plataformas como Google Colabs, Teachable Machine, entre otras, las cuales permiten agilizar este proceso y obtener resultados con cierto grado de fiabilidad, a pesar de que no se implemente completamente desde cero.

Los resultados de un modelo de estimación soportado en algoritmos de inteligencia artificial, está sujeto a la cantidad de datos, lo cual impacta indicadores relacionados con la precisión y la función de pérdida o desviación de los resultados estimados versus los reales.

V. REFERENCIAS

- [1] A. Rodriguez-Da Silva, «Estudio de la Prevalencia de Marcadores Genéticos Asociados a la lenta progresión del virus de la inmunodeficiencia humano tipo 1 en la población gallega,» *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, vol. 35, n° 2, pp. 104-107, 2017.
- [2] Ministerio de Salud y Protección Social, «MINSALUD,» MINSALUD, 29 09 2022. [En línea]. Available: [https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Infecciones-Respiratorias-Agudas-\(IRA\).aspx#:~:text=La%20Infecci%C3%B3n%20Respiratoria%20Aguda%20\(IRA,duran%20menos%20de%202%20semanas..](https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/Infecciones-Respiratorias-Agudas-(IRA).aspx#:~:text=La%20Infecci%C3%B3n%20Respiratoria%20Aguda%20(IRA,duran%20menos%20de%202%20semanas..) [Último acceso: 29 09 2022].
- [3] Asi Vamos en Salud, «Asi Vamos en Salud,» Asi Vamos en Salud, 29 09 2022. [En línea]. Available: <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/enfermedades-transmisibles/tasa-de-mortalidad-por-infeccion-respiratoria-aguda-ira-en#:~:text=En%20Colombia%20para%20el%20a%C3%B1o,el%20comportamiento%20de%20este%20indicador..> [Último acceso: 29 09 2022].
- [4] Instituto Nacional de Salud, «Instituto Nacional de Salud,» INS, 22 04 2022. [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjx3oKJ2Lv6AhVdSDABHZICyYQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ins.gov.co%2Fbuscador-eventos%2FBoletinEpidemiologico%2F2022_Bolet%25C3%25ADn_epidemiologico_semana_15.pdf&usg=AOvVaw1_Tnk. [Último acceso: 29 09 2022].
- [5] Revista Semana, «¿Son las muertes por coronavirus más altas de lo que se piensa?,» Revista Semana, 08 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.semana.com/cuantos-fallecidos-por-coronavirus-hay-en-colombia/295149/>. [Último acceso: 30 09 2022].
- [6] L. & W. J. Perez, «The effectiveness of data augmentation in image classification using deep learning,» *arXiv preprint arXiv:1712.04621*, p. 8, 2017.

Experiencias Personalizando ChatGPT para Atender Necesidades Específicas en Nicaragua

Experiences Customizing ChatGPT to assist Specific Needs in Nicaragua

Roberto Jese Zepeda Calero, Sjeff Michael Gomez Espinosa, Brandon Ramses Espinoza Ruiz, Anayanci López-Poveda

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

robertojesezepedacalero@gmail.com, sjeffmichael56@gmail.com, brandon.espinosa11u@std.uni.edu.ni, anayanci.lopez@fec.uni.edu.ni

Resumen — En este documento se reportan experiencias de dos proyectos para atender necesidades observadas en el contexto nicaragüense haciendo uso de la tecnología ChatGPT. Específicamente, se reporta el desarrollo de dos chatbots impulsados por Inteligencia Artificial que fueron implementados por estudiantes de Ingeniería en Computación para atender consultas especializadas en temas de medicina en un caso, y de leyes en el otro caso. Se emplearon dos procedimientos un poco diferentes; en ambos casos los resultados obtenidos fueron muy positivos, especialmente en cuanto a precisión de los resultados atendiendo consultas complejas. Finalmente se comparten las impresiones o experiencias de los desarrolladores de los prototipos presentados.

Palabras clave; Chatbot impulsado por IA; ChatGPT; experiencias en Nicaragua.

Abstract — This document reports experiences of two projects to address needs observed in the Nicaraguan context using the ChatGPT technology. Specifically, the development of two chatbots powered by Artificial Intelligence is reported, which were implemented by Computer Engineering students to address specialized queries on medical issues in one case, and law in the other case. Two slightly different procedures were used, in both cases the results obtained were very positive, especially in terms of precision of the results when dealing with complex queries. Finally, the experiences of the developers of the presented prototypes are shared.

Keywords; IA powered chatbot; ChatGPT; experiences in Nicaragua.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas y demás organizaciones se encuentran con el reto de atender las necesidades de clientes o usuarios finales que cada vez son más exigentes respecto a sus expectativas sobre la atención que merecen. La amplia disponibilidad de sistemas web que le permiten a estos clientes o usuarios acceder a servicios 24/7 también genera la posibilidad de que enfrenten problemas específicos o surjan dudas que requieren atención a lo inmediato en horarios que no son alcanzables para el personal humano (sobre todo en las pequeñas y medianas empresas). Sin embargo, esto no debe descuidarse, ya que al no estar en capacidad de atender estas necesidades también se pierde la posibilidad de concretar las transacciones o negocios que son el propósito de los sistemas web desarrollados.

En este sentido, los modelos generativos de inteligencia artificial (IA) tan avanzados disponibles actualmente abren grandes oportunidades para resolver este tipo de problemas prácticos cumpliendo en gran medida con las expectativas de usuarios finales o clientes que exigen una mejor experiencia de usuario, incluyendo alta disponibilidad, flexibilidad y adaptabilidad a sus necesidades, pocos conocimientos técnicos requeridos, naturalidad, etc.

Actualmente existen una variedad de opciones de grandes modelos de IA disponibles en el mercado que están siendo utilizados por muchos en el plano personal, más motivados por curiosidad que por razones de

negocio; también son populares para atender necesidades en el campo de la educación. Así también, empresas como OpenAI reportan casos de uso de grandes empresas que están sacando provecho de esta tecnología; sin embargo, se ha discutido poco sobre sus usos en iniciativas de menor alcance que pueden presentarse en los escenarios similares a Centroamérica, y que aún así pueden ser viables de implementar y de gran beneficio.

Según una encuesta de 2021 realizada por PwC a 1,400 ejecutivos de empresas de todos los tamaños en los Estados Unidos, el 25 % de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) ya utilizan chatbots impulsados por IA para brindar atención al cliente, y se espera que este número aumente al 40% para 2025. Así también encontraron que las PYMES están utilizando la IA para una variedad de otros propósitos, tales como [1]:

- **Automatización de tareas:** el 60 % de las PYMES utilizan IA para automatizar tareas, como la entrada de datos y el servicio al cliente.
- **Toma de decisiones:** el 40 % de las PYMES utilizan IA para tomar decisiones, como precios y recomendaciones de productos.
- **Experiencias personalizadas:** el 30 % de las PYMES utilizan la IA para personalizar las experiencias de los clientes, como recomendar productos o servicios que probablemente sean de su interés.

Como es de esperarse, las grandes empresas están adoptando chatbots impulsados por IA mucho más rápido que las organizaciones más pequeñas. Su segmento representa más del 46% de participación en el mercado de chatbots y crecerá en un futuro próximo [1].

ChatGPT es un ejemplo de tecnología que se puede usar para crear chatbots impulsados por IA. ChatGPT (GPT: Generative Pre-trained Transformer) es un chatbot de modelo de lenguaje grande (LLM: Large Language Model), o IA conversacional, desarrollado por OpenAI; su modelo generativo utiliza aprendizaje profundo (deep learning) y lo entrena con grandes cantidades de datos de manera que como resultado el sistema utilice la IA para realizar una gran diversidad de tareas, y es capaz de comprender y responder consultas en lenguaje natural, se puede usar para brindar una variedad de tareas de servicio al cliente, como responder preguntas, resolver problemas y brindar soporte, tal como se había mencionado con anterioridad [2] [3]. De la misma manera, se espera que Google Bard (también un gran modelo de IA desarrollado por Google AI) pronto esté disponible para su uso comercial con similares beneficios a los ya mencionados, aunque al momento de escribir este artículo aún no monetiza sus servicios y tiene un alcance limitado [4].

Dado que la mayoría de lo reportado representa escenarios de países desarrollados, en este trabajo se ha querido explorar escenarios de uso de esta tecnología en la realidad local nicaragüense. Consecuentemente en este trabajo se reportan (1) casos de uso de ChatGPT para atender necesidades propias de la realidad local en Nicaragua, desde la óptica de estudiantes de Ingeniería en Computación; y (2) experiencias o lecciones aprendidas sobre la facilidad de implementación de esta tecnología reportada por dichos estudiantes de Ingeniería en Computación.

II. DISEÑO METODOLÓGICO

Primeramente, dos equipos de estudiantes de Ingeniería en Computación (cada uno compuesto por 3 estudiantes de cuarto año de la carrera) escogieron problemáticas basadas en su experiencia en el entorno local, teniendo en mente que para atender las mismas harían uso de grandes modelos de IA. A continuación, se describen las dos problemáticas que dichos equipos escogieron atender:

A. Definición de problemáticas a atender o motivación

CASO 1: DoctorGPTin

Complejidad de atención a pacientes y gestión de documentación médica: En este caso se busca mejorar la eficiencia y la calidad de la atención médica al proporcionar a los doctores una herramienta tecnológica avanzada que simplifique la gestión de la información y optimice sus tareas diarias. Considerando la idea de que discutir con un “colega” los casos médicos puede ayudar a llegar a diagnósticos más precisos, principalmente para estudiantes de medicina o médicos en formación.

CASO 2: Chatbot impulsado por IA para atender consultas sobre leyes de Nicaragua.

Dificultad para comprender o procesar gran cantidad de información asociada al marco legal nicaragüense para estudiantes de leyes: El acceso y la comprensión de las leyes constitucionales en Nicaragua plantean desafíos debido al lenguaje técnico y jurídico utilizado en su redacción. Estas leyes contienen términos y conceptos complejos que pueden resultar confusos para aquellos que no están familiarizados con el ámbito legal. A pesar de que la información legal está disponible al público, su accesibilidad para la mayoría de la población es limitada.

Para abordar esta problemática, se propuso la creación de un chatbot como solución innovadora para responder preguntas relacionadas con la Constitución Política y otras leyes relevantes en Nicaragua. Su funcionamiento se basaría en el procesamiento de preguntas en lenguaje natural, proporcionando respuestas

precisas y actualizadas en tiempo real. Este chatbot se destacaría por su capacidad para tener en cuenta los cambios realizados a la constitución política después de septiembre de 2021 (vale aclarar que la información con la cual fue entrenado la versión disponible al público de ChatGPT es sept. 2021, por tanto, esta propuesta contaría con este valor agregado). Esto aseguraría que las respuestas generadas estén actualizadas y reflejen los cambios legales más recientes. Además, se implementan características adicionales para mejorar la experiencia del usuario, orientadas a proveer mayor accesibilidad (inclusividad), como la opción de dictado por voz, lectura en voz alta de respuestas, ajuste de tamaño de fuente y la elección de temas claros u oscuros.

B. Cómo entrenar modelos generativos de Chat GPT para atender problemáticas específicas o temáticas específicas a utilizarse en una aplicación web propia.

Un concepto relevante en este tipo de proyectos es el “**prompt**”. El “prompt” de ChatGPT es una instrucción o tema de discusión que un usuario proporciona para que responda el modelo ChatGPT AI. El “prompt” puede ser una pregunta, una declaración o cualquier otro estímulo destinado a despertar la creatividad, la reflexión o la participación. Los usuarios pueden usar el “prompt” para generar ideas, compartir sus pensamientos o iniciar una conversación. Los “prompts” de ChatGPT están diseñados para ser abiertos y se pueden personalizar según las preferencias e intereses del usuario. [5] Esto es parte de los aspectos que deben configurarse en este tipo de desarrollos para obtener mejores resultados, en secciones posteriores se mencionarán las configuraciones aplicadas para los proyectos discutidos.

Algunos pasos generales que se pueden seguir para el desarrollo de chatbots impulsados por IA que serán integrados a un sistema web de una organización o negocio específica se detallan a continuación, con fines de usarlos como base para posteriormente reportar el trabajo realizado por los desarrolladores:

1. *Definir los objetivos y casos de uso:* Determina claramente qué quieres lograr con el chatbot. ¿Qué tipo de consultas o problemas de los clientes deseas resolver? Define los casos de uso específicos en los que el chatbot brindará asistencia.
2. *Seleccionar la plataforma o proveedor de chatbot:* Hay diversas opciones disponibles para implementar chatbots, desde servicios de terceros hasta herramientas de desarrollo propias. En este trabajo se reportan resultados utilizando ChatGPT.
3. *Diseñar y desarrollar los flujos de conversación:* Se define cómo quieres que el chatbot interactúe con los clientes. Crea los flujos de conversación, incluyendo las preguntas frecuentes, respuestas y acciones que el chatbot puede realizar. Se debe tener en cuenta la experiencia del usuario y buscar que las interacciones sean naturales y útiles.
4. *Entrenar y personalizar el chatbot:* Si estás utilizando ChatGPT u otro modelo de lenguaje, es importante entrenarlo con datos relevantes para tu industria y casos de uso específicos.
5. *Integrar el chatbot en el sitio web:* Lleva a cabo la integración técnica del chatbot en tu sitio web. Esto puede implicar agregar un widget o una ventana de chat en la interfaz del sitio web y establecer la conexión con el sistema de chatbot.
6. *Realizar pruebas y ajustes:* Antes de lanzar el chatbot, realiza pruebas exhaustivas para verificar su funcionamiento, corrección y capacidad para manejar diferentes escenarios. Ajusta y mejora los flujos de conversación según los resultados de las pruebas.
7. *Monitorear y optimizar el desempeño:* Después del lanzamiento, realiza un seguimiento regular del desempeño del chatbot. Analiza las métricas, recopila comentarios de los usuarios y realiza ajustes continuos para mejorar la experiencia y la efectividad del chatbot.

C. Experiencias o lecciones sobre implementación de Chat GPT

Producto de entrevistas a estudiantes líderes de los proyectos prototipos realizados se reportan algunas de sus impresiones sobre este tipo de proyectos impulsados por IA.

III. RESULTADOS:

A. Prototipos desarrollados-Procedimiento implementado:

Los dos equipos de estudiantes de Ingeniería en Computación de cuarto año de forma independiente desarrollaron cada uno un prototipo de chatbot impulsado por IA, siguiendo los pasos que se reportan a continuación utilizando como base los pasos presentados en el diseño metodológico:

TABLA I: Procedimiento implementado para el desarrollo de Chatbots impulsados por IA para asistir necesidades específicas del contexto Nicaragüense:	
<i>DoctorGPTin</i>	<i>Chatbot para consultas sobre la constitución política de Nic.</i>
<i>Definir los objetivos y casos de uso:</i> Se definió la idea de un asistente impulsado por IA para el sector salud debido a experiencias anteriores con el sistema de salud nicaragüense en las que por mal diagnóstico o por lentitud del sistema el paciente tuvo que sufrir más tiempo los síntomas de su enfermedad. Se sostuvo conversaciones con personas del campo médico (contactos dentro	<i>Definir los objetivos y casos de uso:</i> Este chatbot tiene como propósito procesar consultas en lenguaje natural y proporcionar respuestas precisas y relevantes basadas en la información legal pertinente y actualizada contemplada en la constitución política de Nicaragua, esta herramienta puede resultar útil para estudiantes de derecho que necesiten consultar información específica de la constitución política.

TABLA I: Procedimiento implementado para el desarrollo de Chatbots impulsados por IA para asistir necesidades específicas del contexto Nicaragüense:	
DoctorGPTin	Chatbot para consultas sobre la constitución política de Nic.
<p>de clínicas y universidades) acerca de la posibilidad de integrar un asistente a sus tareas diarias, y se tuvo recepción positiva.</p>	
<p><i>Seleccionar la plataforma o proveedor de chatbot:</i> Para el desarrollo del chatbot impulsado por IA, se experimentó con distintos modelos tales como Llama, Vicuna, GPT-J y Neo-GPT, entre otros; comparándose precisión de las respuestas y credibilidad de los resultados generados por el bot (haciendo énfasis en la importancia de un buen diagnóstico en el área de medicina). Para esto se contó con el apoyo de médicos y estudiantes de medicina (2 estudiantes de la UCN y una doctora de Costa Rica) que apoyaron verificando los diagnósticos generados.</p> <p>Las opciones mencionadas se dejaron a un lado por las limitaciones encontradas con la precisión de los resultados al trabajar con escenarios tan específicos como lo son los casos médicos, y la complejidad de implementación. Consecuentemente, se optó por utilizar el API de chatGPT (específicamente el modelo de Machine Learning GPT 3.5 Turbo), que generó respuestas más precisas, que llevaron junto al contexto de los mensajes provistos como insumos a los diagnósticos más correctos.</p>	<p><i>Seleccionar la plataforma o proveedor de chatbot:</i> Para el desarrollo del chatbot se optó por utilizar el API de chatGPT, el cual es un servicio de OpenIA que permite utilizar sus modelos de lenguaje a través de una API, ya que es un servicio fácil de consumir y con un script de unas pocas líneas se puede desarrollar la funcionalidad del chatbot, aunque es un servicio de pago, cuenta con una capa gratuita que permite experimentar y es más que suficiente para crear una prueba de concepto de lo que podría ser una solución final.</p>
<p><i>Entrenar y personalizar el chatbot:</i></p> <p>Se desarrolló primeramente la interfaz con la que interactuaría el usuario. Una vez maquetado el prototipo (plataforma frontend), se implementó el modelo de lenguaje seleccionado para pruebas de respuesta.</p> <p>Se realizó el pulido de funciones que mejoraran la experiencia de usuario, incluyendo ingresar paciente, registrar historial clínico, entre otros, teniendo en cuenta el tema de accesibilidad, por tanto se permite el dictado de la sintomatología, la lectura a voz de los resultados, etc. El diseño de la plataforma se realizó con el apoyo de la mayoría de médicos/estudiantes contactados.</p> <p>Se utilizó una guía de ingeniería de “prompt” [6] para la configuración de parámetros de GPT.</p> <p>En este prototipo se codificaron las siguientes instrucciones:</p> <pre> const systemMessage = { role: "system", content: "Responde solo a preguntas que tengan que ver con el area de medicina, si solo menciona sintomas tu me dirás que enfermedad puede ser; si pido recomendaciones de medicinas me daras recomendaciones con nombres de quimicos con tomen en cuenta contraindicaciones y combinaciones con otras medicinas; Responde considerando que soy un médico con muchos años de experiencia. Si te pregunto por algo que no este relacionado a la medicina, responde que tu area es solo la medica y porfavor mantenerse enfocado al tema.", //describir como se va comportar }; const apiRequestBody = { model: "gpt-3.5-turbo", temperature: 0.7, messages: [...systemMessage, ...apiMessages] }; const fetch = (...args) => fetch("https://api.openai.com/v1/chat/completions", { method: "POST", headers: { Authorization: "Bearer " + API_KEY, "Content-Type": "application/json", }, body: JSON.stringify(apiRequestBody), }); </pre>	<p><i>Entrenar y personalizar el chatbot:</i> Una vez que se tiene seleccionado el modelo de lenguaje que se va a utilizar, se requiere entrenar ese modelo con los datos de interés, pero entrenar estos modelos de lenguaje generalmente resulta computacionalmente costoso, así que se pueden utilizar otros enfoques que no requieran gran poder computacional, como la Generación Aumentada de Recuperación (RAG), el cual es un paradigma para aumentar los LLM con datos personalizados, hay librerías como LlamaIndex y LangChain que permiten implementar este paradigma, de esta manera el modelo no se tiene que estar entrenando cada vez que se necesite agregar información.</p> <p>Para este prototipo se creó un índice a partir de la constitución política, de Nicaragua, este índice es una estructura de datos permite almacenar la información de tal manera que se pueda recuperar rápidamente el contexto relevante para una consulta de usuario, luego se pasa la consulta del usuario más el contexto recuperado del índice hacia el modelo de lenguaje para que este genere una respuesta en base a la consulta y el contexto que se le pasó. La figura a continuación muestra la función utilizada para crear el índice (dataset).</p> <pre> def construct_index(directory_path): num_outputs = 512 llm_predictor = LLMPredictor(llm=OpenAI(temperature=0.7, model_name="text-davinci-003", max_tokens=num_outputs)) service_context = ServiceContext.from_defaults(llm_predictor=llm_predictor) docs = SimpleDirectoryReader(directory_path).load_data() index = GPTSimpleVectorIndex.from_documents(docs, service_context=service_context) index.save_to_disk('index.json') </pre>
<p>Figura 1. Parámetros de ingeniería de prompts configurados en proyecto DoctorGPTin</p>	<p>Figura 2. Parámetros de ingeniería de prompts configurados en proyecto Chatbot para consultas de leyes de Nicaragua y creación de índice</p> <p>A continuación, se observa la función utilizada para generar la respuesta del modelo de IA.</p> <pre> def chatbot_generator(input_text): index = GPTSimpleVectorIndex.load_from_disk('index.json') response = index.query(input_text, response_mode="compact") return response.response </pre> <p>Figura 3. Generación de respuesta del modelo de IA</p>
<p><i>Integrar el chatbot en el sitio web:</i> Para esta solución se desarrolló una aplicación web diseñada con una interfaz intuitiva para el chatbot, que dentro de sus funcionalidades permite el uso de comandos de voz y el modelo de Machine Learning GPT 3.5</p>	<p><i>Integrar el chatbot en el sitio web:</i> Teniendo un flujo para agregar fuentes de datos externos para que el modelo pueda consumir, se puede crear un API en donde se reciba un prompt y se retorne como respuesta el texto generado por el</p>

TABLA I: Procedimiento implementado para el desarrollo de Chatbots impulsados por IA para asistir necesidades específicas del contexto Nicaragüense:	
<i>DoctorGPTin</i>	<i>Chatbot para consultas sobre la constitución política de Nic.</i>
Turbo. Imágenes del sistema resultante se observan en la siguiente sección.	modelo, de esta manera el API puede ser fácilmente integrada con cualquier aplicación cliente.
<i>Realizar pruebas y ajustes:</i> Se realizaron pruebas de plataforma por parte de los desarrolladores, consultando también con los médicos que colaboraron con este proyecto.	<i>Realizar pruebas y ajustes:</i> Con nuestro modelo generando texto basado en información personalizada, se pueden ajustar algunos parámetros como la precisión del modelo, la cantidad máxima de tokens (palabra o conjunto de palabras) que debe generar o si se desea que genere repuestas más o menos detalladas, todo esto en dependencia de nuestras necesidades, todo esto ajustando los parámetros como los que se observan en la Fig. 2.
	<i>Diseñar y desarrollar los flujos de conversación:</i> La parte de las pruebas es muy importante, ya que aquí se validará si el chatbot está generando respuestas que se adecuen a la solución que estamos tratando de implementar. Se recomienda hacer pruebas con una amplia variedad de preguntas o peticiones planteadas de diferentes maneras.
<i>Monitorear y optimizar el desempeño:</i> Se realizó presentación a médicos/estudiantes previamente mencionados, esto con fines de obtener realimentación y tomarla en cuenta para mejoras de la aplicación (Análisis de opiniones). Se realizaron estimaciones aproximadas del costo según la demanda inicial esperada, como se observa a continuación: - 200 tokens equivale aprox. a 150 palabras por mensaje. - Una consulta requería un promedio de 5 mensajes. - Se esperaba aproximadamente 25 consultas por doctor al día. Lo anterior equivale a 25000 tokens por doctor al día. El costo es de 0.002c/1000 tokens, lo que representaría aproximadamente 0.05c por doctor al día, es decir USD1.5 por doctor al mes. Veinte doctores que tengan acceso requerirían una inversión de USD30 al mes aproximadamente, por tanto se considera una solución viable al contexto.	<i>Monitorear y optimizar el desempeño:</i> Este prototipo requiere aún mayores pruebas con profesionales en la materia legal; las perspectivas iniciales son positivas. Sin embargo, en caso de no obtenerse los resultados deseados, es necesario analizar la razón por la que el modelo no está generando respuestas de manera adecuada, dentro de las posibles causas se encuentran: posibles problemas en la fuente de datos externos, así que debemos asegurarnos que la fuente de datos únicamente contenga los datos necesarios, y asegurarse de eliminar todos aquellos datos que no sean de interés y que puedan generar ruido.

B. Prototipos desarrollados-Resultados obtenidos:

1. DoctorGPTin:

A continuación, se presenta una muestra del prototipo de chatbot impulsado por IA resultante:

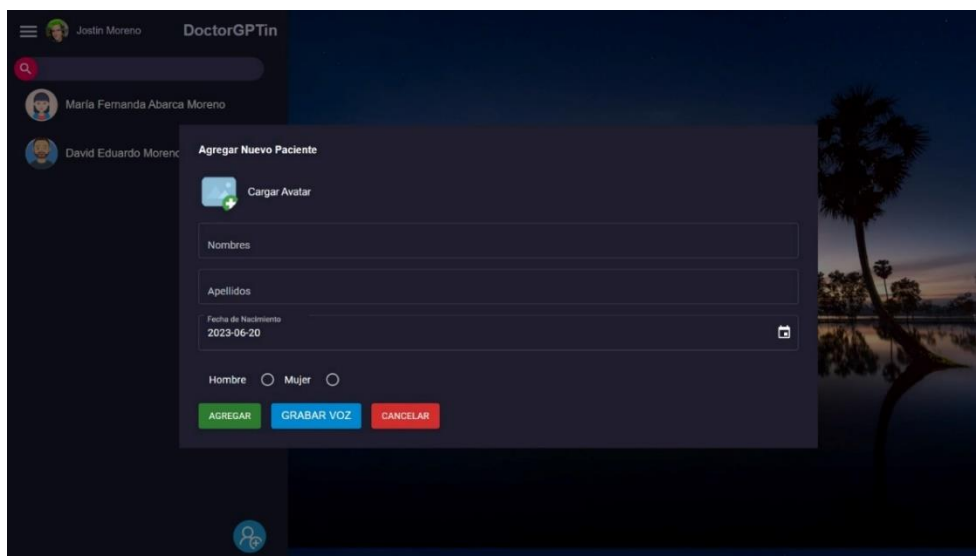


Figura 4. Funcionalidad agregar nuevo paciente en chatbot DoctorGPTin

La vista para agregar pacientes, permite agregar los datos de los pacientes mediante voz o escrito (Fig. 4). Así también desde la vista principal del sistema desarrollado, que se observa de fondo en la imagen previa, es posible agregar nuevos pacientes, visualizar los últimos chats con los pacientes y buscar uno en particular.

La conversación #1 con la paciente María Fernanda muestra la capacidad del sistema de realizar consultas mediante voz y el chatbot indica que solamente atiende consultas de medicina (Fig. 5).

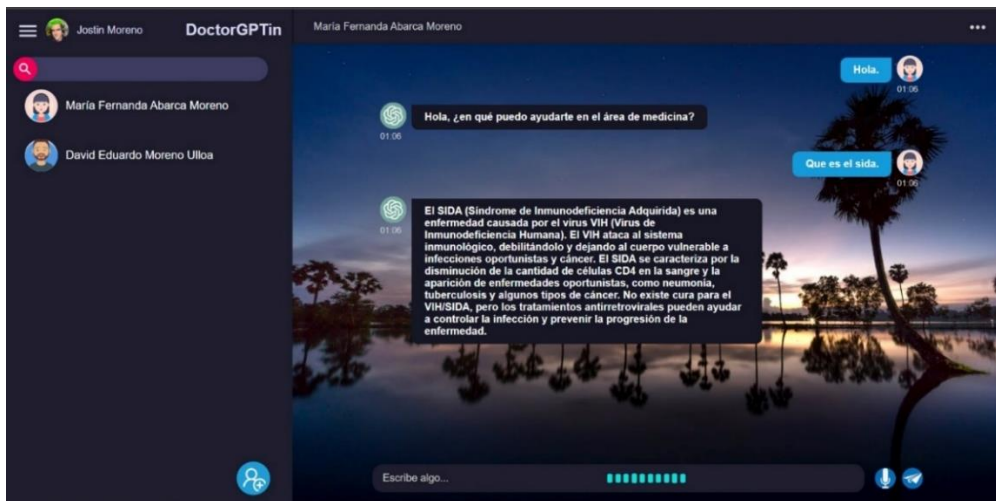


Figura 5. Atención de consultas de un paciente

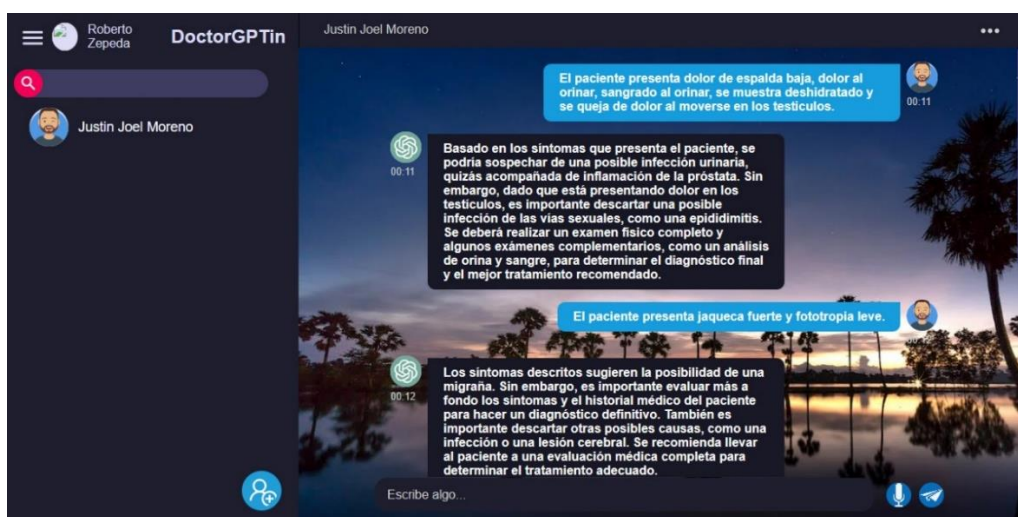


Figura 6. Chatbot brindando posibles diagnósticos ante sintomatología de paciente específico

Conversación #2 con paciente Justin Joel muestra la capacidad del sistema de ofrecer asistencia médica, dando posibles diagnósticos y recomendando estudios y exámenes para un diagnóstico completo en base a los síntomas presentados (Fig. 6).

2. Chatbot para consultas sobre la constitución política de Nicaragua:

A continuación, se presenta una muestra del prototipo de chatbot impulsado por IA resultante:



Figura 7. Chatbot especializado en consultas sobre la constitución política nicaragüense

La interfaz cuenta con tres apartados principales (Fig. 7, mostrando el modo oscuro):

- La cabecera la cual cuenta con dos botones: accesibilidad y grabar audio
- El contenedor del historial mensajes
- El contenedor de mensajes de entrada, el cual cuenta con la opción de reproducir el último mensaje, pausar y detener el audio.

La Fig. 8 muestra la interacción con el chatbot resultante al responder a la pregunta “¿Una persona que ha sido condenada a prisión mantiene derechos sobre sus bienes (propiedad privada)?”. Como se puede observar las respuestas son específicas y contextualizadas a la legislación nicaragüense, citándose artículos puntuales que son relevantes; al contrastar con la respuesta a la misma pregunta realizada al chatbot genérico de ChatGPT disponible a todo público se observa la falta del contexto específico relevante (Fig. 9).

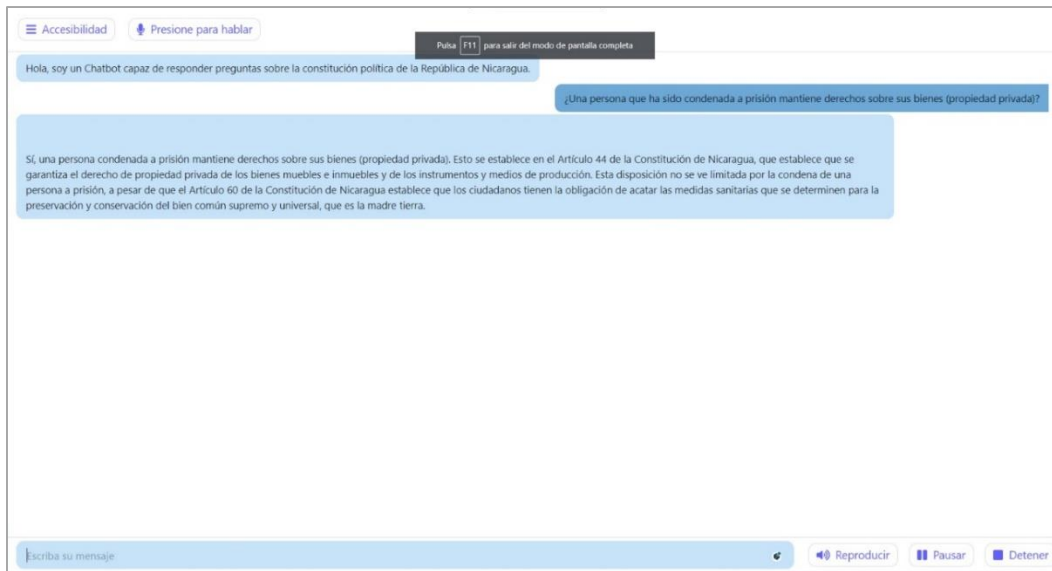


Figura 8. Consulta sobre leyes del contexto nicaragüense realizada al chatbot resultante, se presenta en modo claro.

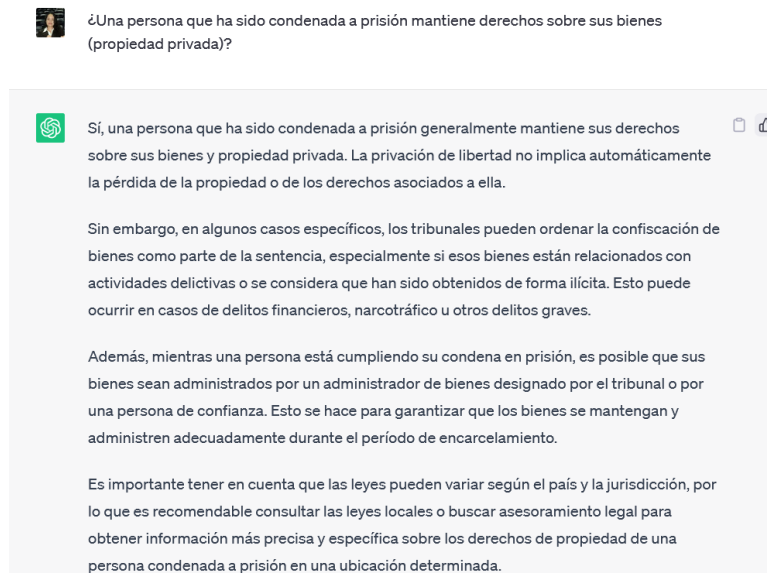


Figura 9. Respuesta de solución genérica de ChatGPT disponible a todo público sobre la misma consulta legal, sin la contextualización a Nicaragua.

IV. EXPERIENCIAS Y LECCIONES APRENDIDAS:

Algunas experiencias compartidas por los equipos de desarrollo se resumen a continuación:

1. DoctorGPTin:

En este equipo se destacó la impresión positiva y el asombro que generó la precisión y exactitud de los resultados generados para los casos médicos; aunque habían escuchado los comentarios positivos, esta fue la primera oportunidad que tuvieron de verificar en escenarios realistas (contrastando con el punto de vista que doctores y estudiantes de medicina que hicieron pruebas preliminares y verificaron los diagnósticos

obtenidos). Lo anterior induce a pensar en todas las posibilidades de su uso en otros aspectos; pero también eleva la duda sobre su posible “mal-uso”, ya que, si bien este prototipo fue desarrollado para asistir a los doctores en sus tareas para hacerlas más eficientes, existe el riesgo de que un usuario del mismo se “sobreconfíe” y evite “pensar” en su propio diagnóstico asumiendo solamente el provisto por la herramienta.

2. Chatbot para consultas sobre la constitución política de Nicaragua:

Entender de manera general cómo funcionan los grandes modelos de lenguaje fue una de las lecciones aprendidas más importantes para este equipo, el hecho de haber experimentado con estos modelos para desarrollar una solución les ayudó a comprender el potencial que tienen para dar soluciones a diferentes problemáticas de manera sencilla; además la facilidad de estos modelos para ser personalizados abre la puerta a un mundo de posibilidades.

El equipo que desarrolló este prototipo de chatbot impulsado por IA no tenía conocimientos previos sobre la tecnología de ChatGPT; aun así, indicaron sobre el prototipo que implementaron que consideran que "tiene un nivel de dificultad básico para estudiantes que tienen conocimientos intermedios o avanzados de programación, ya que básicamente es consumir servicios a través de APIs y tener conocimientos en desarrollo Frontend". Así también, desde su perspectiva es viable utilizar ChatGPT ya que trabaja bajo un modelo de pago por uso, que muchas veces puede contribuir a la disminución de costos de un proyecto, además del hecho de que estar consumiendo un servicio hace que el cliente se desligue de muchas responsabilidades. También indican que el servicio de ChatGPT fue bastante fácil de utilizar, y no hubo dificultades con la latencia y disponibilidad del mismo.

V. CONCLUSIONES

Al realizar estos proyectos se reconoce el alto potencial de los grandes modelos de IA como chatGPT para atender las necesidades de las realidades locales como una opción totalmente viable, tanto por la facilidad de implementación, como por la accesibilidad de los costos para la mayoría de los escenarios. Este tipo de soluciones brinda grandes posibilidades para satisfacer altas expectativas, necesidades y problemáticas que antes difícilmente podrían atenderse. En los casos específicos que se pusieron a prueba, los resultados fueron muy positivos y alentadores; se espera que estas herramientas sean utilizadas de formas que contribuyan a resolver las problemáticas iniciales que se reportaron, ya que las conversaciones en lenguaje natural, habilitan una especie de cuestionamiento con “un enfoque socrático”, lo que puede ser una manera de facilitar un análisis más profundo de casos especializados, como los casos médicos y consultas legales especializadas; todo esto mejoraría la efectividad en la atención a los problemas y el aprendizaje de los usuarios. Por otro lado, siempre existe el riesgo de un “mal uso” que lleve a que estas herramientas no se usen adecuadamente, es decir como un apoyo, y se piense en sustituir completamente la reflexión humana del profesional responsable (ya sea por pereza del mismo profesional, o por conveniencia económica de las organizaciones).

VI. TRABAJOS FUTUROS

Los resultados que se presentan en este trabajo son prototipos de alcance limitado, dentro de los trabajos que se pueden realizar a futuro se incluyen ampliar el alcance del Dataset (conjunto de datos) que se está utilizando como insumo para afinar el modelo.

VII. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en gran medida a los restantes miembros de cada equipo que desarrolló los prototipos de chatbots impulsados por IA que son abordados en este artículo; el proyecto DoctorGPTin fue desarrollado por: Jostin Joel Moreno Ulloa, Roberto Jesé Zepeda Calero, y Henry Elías Altamirano López; el proyecto Chatbot impulsado por IA para responder consultas asociadas a leyes de Nicaragua fue desarrollado por: Sjeff Michael Gómez Espinosa, Rubén Noe Castro Herrera, y Brandon Ramsés Espinoza Ruiz. Así también, agradecemos a las diversas personas que apoyaron la realización de estos proyectos, por ejemplo, los doctores y estudiantes de medicina que se han involucrado en el diseño y pruebas con el prototipo.

VIII. REFERENCIAS

- [1] PWC, «PwC 2022 AI Business Survey,» PwC, Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/ai-analytics/ai-business-survey.html>. [Último acceso: Junio 2023].
- [2] OpenAI, «Research,» [En línea]. Available: <https://openai.com/>.
- [3] A. Tamkin, M. Brundage, J. Clark y D. Ganguli, «Understanding the Capabilities, Limitations, and Societal Impact of Large Language Models,» 2021.
- [4] Bard Experiment, «Bard FAQ,» Google, 2023. [En línea]. Available: <https://bard.google.com/faq?hl=en>.
- [5] V. Terrasi, «How To Write ChatGPT Prompts To Get The Best Results,» Search Engine Journal, 3 Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://www.searchenginejournal.com/how-to-write-chatgpt-prompts/479324/#close>. [Último acceso: 30 Junio 2023].
- [6] AIFIRE.CO, «MASTER CHATGPT PROMPT GUIDE,» [En línea]. Available: <https://www.aifire.co/c/ai-learning-resources>.

Análisis de sesgos y aplicación de redes neuronales para predicción de valores en juegos de lotería

Bias analysis and application of neural networks to prediction of values in lottery games

Diego Fernández-Rueda, Ana Castillo-Martínez, Luis Fernández-Sanz

Universidad de Alcalá (España)

diego.fernandezr@edu.uah.es, ana.castillo@uah.es

Resumen — Este trabajo pretende ejemplificar la aplicación de técnicas de *web scraping* (raspado de sitios web), de gestión y consulta de grandes muestras de datos y la aplicación de redes neuronales para explorar un modelo de predicción basado en el modelo LSTM como método avanzado de análisis de datos para una hipotética mejora de aciertos en las apuestas en dos conocidos juegos de loterías. Esta comunicación presentará los resultados y las lecciones aprendidas en la aplicación de las técnicas a esta situación de juegos de azar gobernados, en principio, por una pura aleatoriedad, sin otros sesgos identificados.

Web scraping; redes neuronales; juegos de azar; LSTM.

Abstract — This paper aims to exemplify the application of web scraping techniques, the management and querying of large data samples and the application of neural networks to explore a prediction model based on the LSTM approach as an advanced method of data analysis for a hypothetical improvement of betting success in two well-known lottery games. This paper will present the results and lessons learned in the application of the techniques to this situation of games governed, in principle, by pure randomness, with no other identified biases.

Web scraping; neural networks; lottery games; LSTM.

I. INTRODUCCIÓN

El juego de la lotería supone, en concepto de beneficios para el Estado, unos 2300 millones de euros anuales [1]. Una tercera parte de esa cantidad corresponde al sorteo de la lotería de Navidad, la más popular en España. La SELAE (Sociedad Estatal Loterías y Apuestas del Estado) es, sin duda, la empresa más rentable de la Administración Pública de nuestro país. Factura unos 9000 millones de euros anuales. La probabilidad de que un billete de la lotería nacional de Navidad sea el ganador del premio gordo es de una entre 100.000. En el caso de la bonoloto, la probabilidad de conseguir el premio de mayor categoría es de alrededor de una posibilidad entre 139 millones de opciones; esto mismo sucede en la lotería primitiva. En España se juega a la lotería desde el año 1811. Se comenzó con la lotería nacional; luego llegó la primitiva [2], que data del año 1985; la bonoloto [3] se inició en el año 1988. El Estado organiza estos tres sorteos; no deja de ser un mecanismo que permite aumentar los ingresos de las arcas estatales.

El concepto del juego es sencillo para los sorteos de la bonoloto y la primitiva. El jugador debe elegir seis números del 1 al 49, de tal modo que no se repitan. Cada una de estas combinaciones se considera una apuesta, cuyo precio es de 1 €. El proceso para la obtención de las cifras ganadoras consiste en extraer, de manera automática, de un bombo que contiene bolas numeradas del 1 al 49, seis bolas. Una séptima bola, correspondiente al número complementario, se extrae después. Más tarde, se extrae una última bola, que corresponde al reintegro, de otro bombo que contiene diez bolas numeradas del 0 al 9. De este modo, se completa la combinación. El número correspondiente al reintegro es una cifra que los sistemas centrales de Loterías del Estado generan aleatoriamente al realizar la apuesta. Por esta razón, no nos centraremos en este número en la fase de análisis de los datos.

El premio que se consigue con cada apuesta depende del número de aciertos que se logren. Los premios solo se obtienen si se aciertan, al menos, tres números de la combinación ganadora. Existen premios en orden creciente de recompensa monetaria y que se adjudican a ese mínimo de 3 números acertados, a cuatro, a cinco y a seis números: También existe premio cuando se acierta cinco números de la combinación ganadora y también el complementario. Las posibilidades de acertar son las siguientes [4]:

- Tres aciertos: una entre 57.
- Cuatro aciertos: una entre 1032.
- Cinco aciertos: una entre 53.201.
- Seis aciertos: una entre 13.983.816.

Estos juegos de lotería representan un ejemplo perfecto de conjunto de datos aleatorio, inicialmente no sometido a sesgos por la influencia de otros factores. Por tanto, supone un caso muy apropiado para experimentar con la aplicación de técnicas relevantes de recogida, manejo y análisis de datos como el *web scraping*, las consultas estadísticas de grandes volúmenes de datos y la aplicación de redes neuronales para la predicción de valores.

El principal objetivo de este trabajo es ejemplificar la aplicación de las mencionadas técnicas de ingeniería informática al análisis y el manejo del conjunto de datos de juegos de lotería de España definido anteriormente. Con estas técnicas, se pretende construir un sistema de ayuda a la decisión para realizar apuestas basadas en el análisis de información para que tengan mayor posibilidad de éxito que la simple elección aleatoria de números. Como se ha comentado, la estructura del conjunto de datos facilita la aplicación de las técnicas y, además, es similar a la de sorteos existentes en otros países, respecto a los cuales ya se han documentado experiencias de aplicación de los métodos que describiremos a continuación [5] [6] [7].

De forma más concreta, el objetivo final del análisis avanzado de datos que se ha previsto es tratar de conseguir un hipotético grado más elevado de aciertos en las apuestas, es decir, ayudar a predecir las combinaciones ganadoras antes de la celebración de los sorteos. Las técnicas cuya aplicación se va a ejemplificar como parte del proceso son las siguientes:

- *Web scraping* (o raspado web): esta técnica se utiliza para extraer información de sitios webs de manera automatizada y estructurada [8].
- Manejo de datos con bases de datos y consultas para aportar un análisis avanzado de datos que aporte nuevas visiones de la información a un hipotético usuario; de este modo, podrá tomar decisiones sobre futuras apuestas.
- Aplicación de técnicas de redes neuronales para implantar un modelo de predicción basado en el método LSTM (tipo de red neuronal recurrente que se basa en la persistencia de la información. Cuenta con bucles en el propio diagrama que permiten recordar estados previos [9]), aportando un análisis de los datos generados en la base de datos.

Para garantizar la viabilidad del trabajo, se han establecido una serie de límites al alcance previsto y que se detallan a continuación:

- No se pretende extender la recogida de datos con *web scraping* a otras webs ni a otros sorteos distintos de los que se han elegido. La web que se ha utilizado para la extracción de datos tiene una estructura muy específica y los scripts que se han usado para activar la función del *web scraping* funcionan en consonancia con las particularidades de la web y el sorteo.
- La fase de predicción y análisis de datos supone la observación de los datos conseguidos, la relación entre ellos y los posibles patrones encontrados. No se pretende conseguir una predicción sin error y totalmente fidedigna para los próximos sorteos futuros. El propio análisis de los datos nos permitirá concluir si el sistema de sorteo, tanto de la primitiva como de la bonoloto, es justo y hasta qué punto lo es.

La estructura de esta comunicación continúa con la sección II donde se describe la arquitectura general del sistema construido para aplicar las técnicas al conjunto de datos de lotería descritos anteriormente. También comentará brevemente la implantación y la optimización de la recogida y el almacenamiento de datos. La sección III presentará los resultados del análisis estadístico y su relación con la justicia del juego, es decir, la ausencia de sesgos en la probabilidad de aparición de los números elegibles en cada combinación ganadora. La sección IV describirá la aplicación de redes neuronales para la predicción de combinaciones ganadoras y los resultados obtenidos. Finalmente, la sección V presentará las conclusiones del trabajo realizado y los posibles trabajos futuros de mejora y ampliación.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA Y RECOGIDA Y GESTIÓN DE DATOS

La arquitectura general del sistema que se ofrece consta de varios módulos enlazados en el proceso general del manejo de datos, con el fin de proporcionar los resultados establecidos (ver Figura 1):

- *Web scraping* (Selenium): implementa la fase de recogida de datos de la web y realiza la extracción de los registros ganadores de los sorteos mediante el uso de la herramienta Selenium.
- Base de datos (PostgreSQL): introducción de los datos recogidos en la fase anterior en la base de datos de PostgreSQL creada previamente.
- Estadísticas básicas: módulo que permite crear nuevas tablas para generar datos estadísticos partiendo de los datos introducidos de los sorteos ganadores, lo que permite evaluar si el juego resulta equitativo para los jugadores al mostrar resultados equiprobables.
- Análisis de predicción: módulo que usa los datos de los sorteos ganadores para la predicción de futuras combinaciones ganadoras tanto mediante regresiones lineales como mediante una red neuronal. El módulo también permite el entrenamiento del modelo de predicción y el empleo de muestras para la prueba de los resultados.

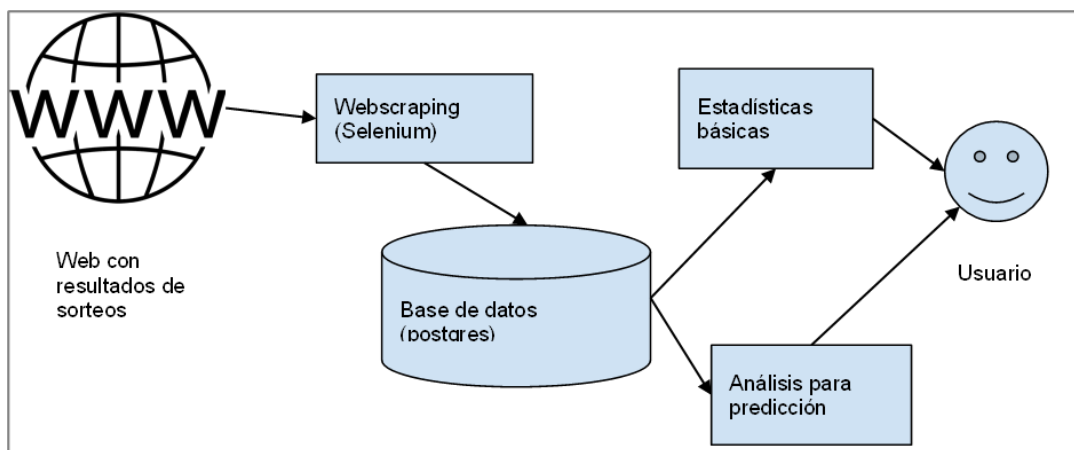


Figura 1. Arquitectura general del sistema propuesto

La web con la que se han extraído los datos se ha usado de manera gratuita. Su enlace es el siguiente: <https://lawebdelaPrimitiva.com/>. Esta web se creó en 2011 y tiene un carácter no oficial; es decir, se trata de una web independiente de los organismos del Estado. Aunque no garantiza una disponibilidad de su servicio las 24 horas del día, recoge de modo retroactivo todos los datos correspondientes tanto al sorteo de la bonoloto como de la primitiva, entre otros. Además, se actualiza cada día con los datos de los sorteos acontecidos para mostrar la última combinación ganadora.

La razón por la que se ha elegido esta web y no otra es la facilidad con la que se accede a los datos de cada uno de los años de ambos sorteos. Para ver el histórico de cada año, basta con acceder, desde una tabla, a cada uno de los elementos de los que esta consta, pinchando en ellos (cada elemento queda identificado a través del año que se busca). Se trata de una página basada en HTML 5 con pocos anuncios banners y pop-ups. Hay que tener en cuenta que esta página actúa de manera diferente dependiendo del método de acceso al mostrar los datos de cada página contenida en la web. Cuando hay que entrar con un *web driver* automático, la web hace saltar un pop-up, lo cual no ocurre cuando se trata de acceder manualmente. Al tratarse de una web simple, a pesar de aparecer este nuevo pop-up, no hay ningún problema para la extracción automática de los datos que se buscan. Nuestro script funciona sin la interrupción de ningún banner y con velocidad, a consecuencia del escaso peso de la carga de información que se maneja en cada página de la web. El *layout* de la página apenas cuenta con imágenes que puedan suponer un tiempo de carga extra. A esto hay que añadir que todos los iconos generados se han hecho en HTML, lo que supone una velocidad extra a la hora de acceder a cada página. Por otro lado, las librerías que se han utilizado tampoco han requerido de un pago de licencia, ya que todas son de código abierto y uso gratuito. El navegador al que se ha recurrido en el proceso de extracción ha sido Google Chrome. El controlador de Selenium contaba con una comunidad de buen tamaño que disponía de un servicio de *feedback* y amplias fuentes de soporte técnico.

La magnitud del proceso de *web scraping* se define por el volumen de datos manejado, correspondiente al número de sorteos desde el inicio histórico de ambos juegos: 3.575 registros para la Primitiva y 7.950

registros para la Bonoloto, totalizando 80.675 datos. Obviamente, un volumen imposible de manejar manualmente. Inicialmente se probó a extraer de forma separada los datos de cada juego consumiéndose 2:24 minutos para la Primitiva y 5:23 minutos para la Bonoloto. Sin embargo, se optimizó el proceso mediante hilos para extracción paralela totalizando 5:42 minutos, reduciendo en 2 minutos el tiempo anterior. Además, el sistema permite la actualización permanente de datos a medida que se celebran nuevos sorteos cada día.

Los datos recogidos se recogen en una base de datos cuyo modelo Entidad Relación se muestra en la Figura 2.

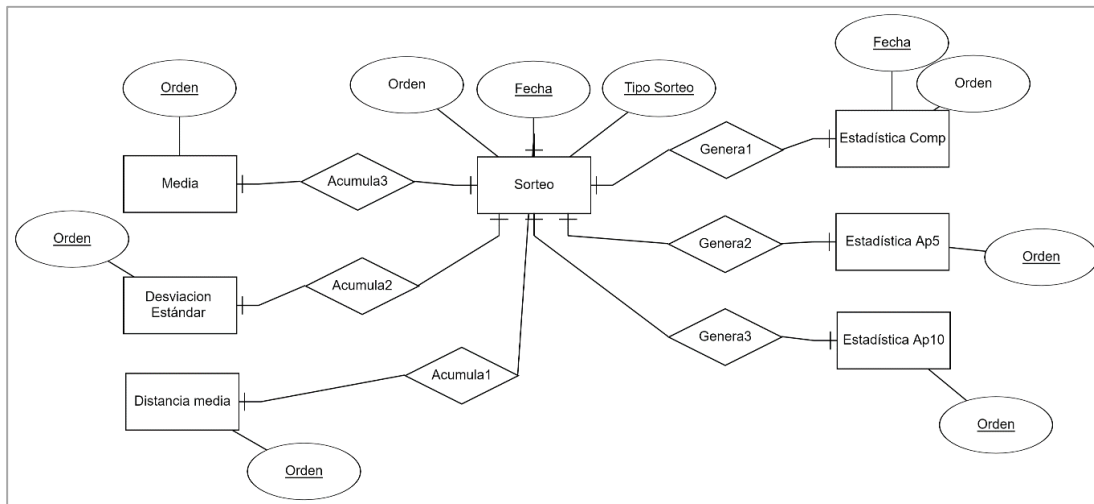


Figura 2. Modelo de la base de datos

Existen tres principales tipos de datos:

- Los datos primarios son los originales de las combinaciones ganadoras de los sorteos. Las tablas que contienen estos datos son *Primitiva* y *Bonoloto*. No precisan ningún tratamiento más allá de la propia recogida de los datos.
- Los datos estadísticos generados sin acumulación e crean para el modelo de datos son aquellos que hacen uso de las dos primeras tablas. Las tablas que contienen estos datos son *comp* (número total de apariciones de un número en combinación ganadora en la historia del juego), *ap5* (apariciones de un número en combinación ganadora en los 5 sorteos anteriores) y *ap10* (apariciones de un número en combinación ganadora en los 510 sorteos anteriores). Todas estas tablas se han generado después de la obtención y el almacenamiento correcto de los datos ganadores en las tablas. No obstante, a diferencia de la siguiente categoría de tablas, no es necesario conocer los datos previos a los ya obtenidos en la propia tabla para comprobar que funcionan correctamente.
- Por el contrario, los datos estadísticos generados con acumulación son aquellos que requieren de los registros anteriores para terminar de generar el dato. Las tablas que contienen estos datos son *distancia media* (número de sorteos realizados desde la anterior aparición de un número), *media* (número de veces que históricamente ha aparecido un número en la combinación ganadora) y *desviación estadística* (valor de este estadístico sobre la frecuencia de apariciones del número).

III. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DE AUSENCIA DE SESGOS EN DATOS

Como se ha comentado anteriormente, el sistema incluye un módulo para la generación de estadísticas. Este módulo tiene relevancia porque permite evaluar los datos extraídos de los registros ganadores, generando una serie de estadísticas que nos ayudarán a valorar el conjunto de los registros que manejamos. La importancia de conseguir entender estos datos es doble:

- Por una parte, es esencial para comprender las tendencias de los datos de tal forma que nos permitan configurar las fases futuras de predicción y entender los posibles resultados que podríamos obtener.

- Por otra parte, aunque conectado con lo anterior, permite verificar si los resultados ganadores confirman la justicia del juego, es decir, que las combinaciones ganadoras siguen un patrón de igualdad de probabilidades, sin sesgos injustificados, como se espera en los juegos de azar.

El análisis se realizará explícitamente para cada uno de los dos juegos: la Primitiva y la Bonoloto. Se comienza con el análisis de la cantidad total de apariciones de cada número de los posible del 1 al 49 en combinaciones ganadoras a lo largo de la historia del sorteo. Se espera que dichas cantidades sean prácticamente iguales.

En el caso de la Primitiva, se comprueba que la cantidad de veces que ha aparecido cada uno de los valores posibles se ha situado en torno al 1,9 % y al 2,2 %, es decir solo hay 0,3% de diferencia, 68 veces entre el número más y el menos seleccionado (ver Figura 3). Realizado este análisis solo con datos de los últimos 5 años, el resultado es similar con una variación máxima de 0,8%. En principio, esto implica una equiprobabilidad típica de juegos justos sin sesgos evidentes. El caso de la Bonoloto es similar, con solo un 0,2% de diferencia máxima en cómputo histórico y 0,5% en los últimos cinco años.

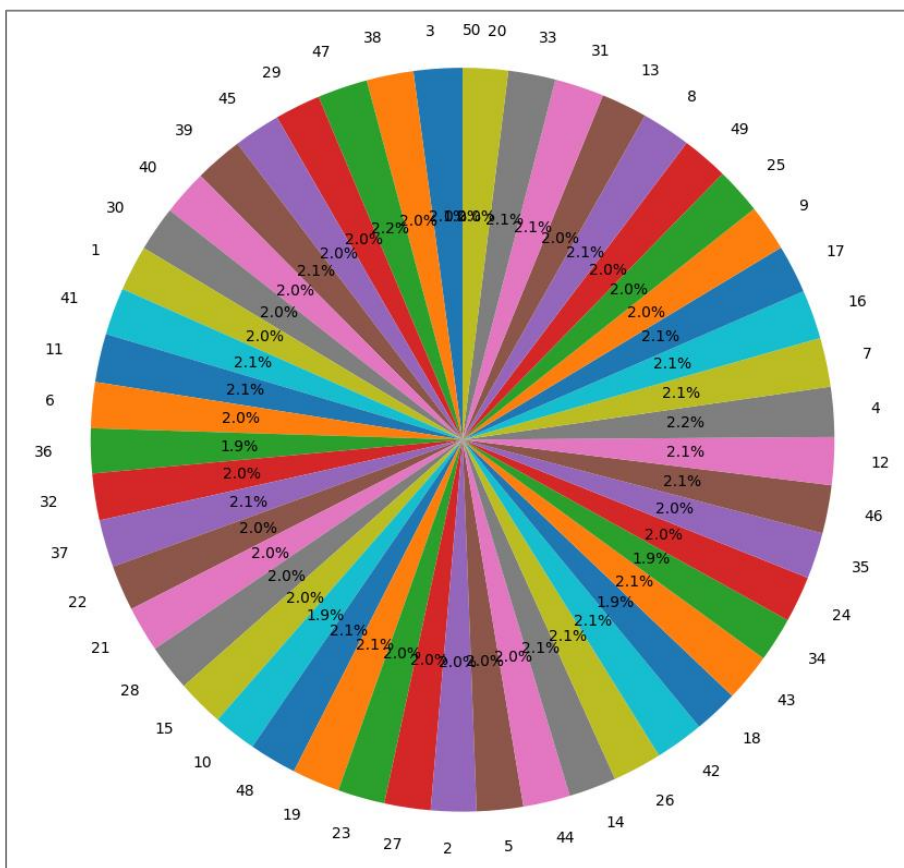


Figura 3. Aparición de cada número en combinaciones ganadoras de la Primitiva

Cuando se analizan las distancias, en números de sorteos, de cada número seleccionado en un sorteo respecto de su anterior aparición en combinación ganadora, la situación es diferente. Hay una gran diferencia porcentual en cuanto a la cantidad de veces que una bola aparece en el sorteo siguiente, si se compara con la cantidad de veces que aparece en los cinco sorteos anteriores. Los resultados nos muestran que es más probable que los números que aparecen en el sorteo siguiente se hayan repetido en los cuatro últimos sorteos. Cuanto más lejos en el pasado una bola haya sido previamente ganadora, menos probable será su aparición. Esta tendencia se repite prácticamente en los mismos términos cuando se analizan solo los cinco últimos años en ambos juegos: Primitiva y Bonoloto. Podemos ver estas variaciones en el número de sorteos que han pasado desde que un valor apareció por última vez en una combinación ganadora en el caso de la Bonoloto (ver Figura 4). Se puede apreciar que el valor 1, es decir, el número salió ya en el sorteo anterior, es el más frecuente. También se puede apreciar cómo la aparición en los últimos cinco sorteos totaliza más del 50% de los casos. Esta tendencia podría ser útil para ayudar a predecir los valores de un futuro sorteo, tanto de forma manual e intuitiva para los usuarios como parte de la información para un sistema automatizado de predicciones de combinaciones ganadoras.

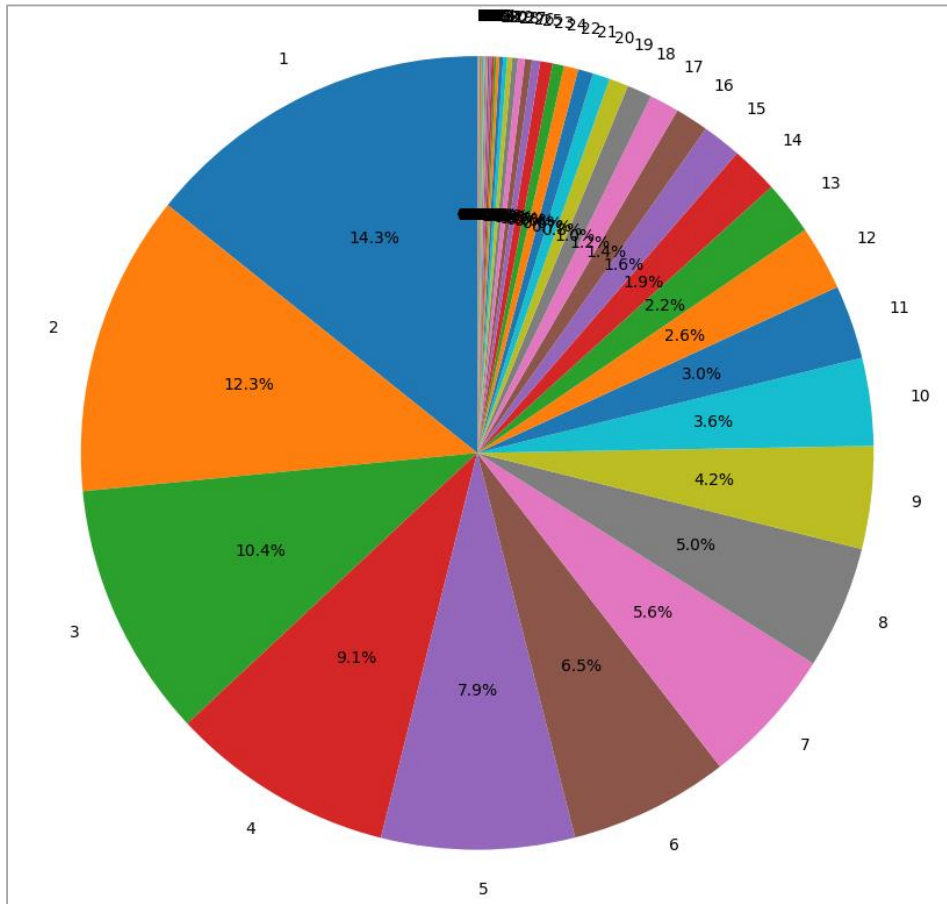


Figura 4. Número de sorteos desde la anterior aparición de un valor en la combinación ganadora de la Bonoloto

Por último, también se ha aplicado un análisis de regresiones lineales sobre cada uno de los números de las combinaciones ganadoras en orden de valor, es decir, se aplica la regresión al conjunto de valores de los números más bajos de cada combinación, al conjunto de los segundos más bajos, etc. Por una parte, se determina una media de valores para cada posición que es la siguiente: 7, 14, 21, 28, 35 y 42. Como vemos, es lógico que, dada la equiprobabilidad de aparición de valores vista anteriormente, los valores medios se distribuyan en intervalos iguales. Respecto a las líneas de correlación, muestran una mínima variación, siendo casi horizontales (ver, por ejemplo, Figura 5).

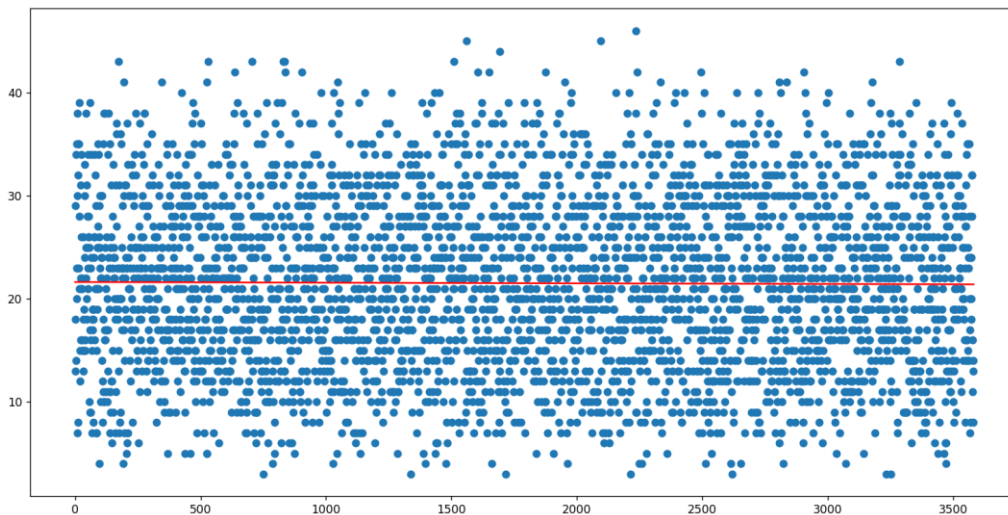


Figura 5. Regresión lineal en la bola 3 (Primitiva)

IV. EXPERIMENTACIÓN CON REDES NEURONALES PARA PREDICCIÓN DE VALORES

Las redes neuronales artificiales (también conocidas como sistemas conexionistas) son modelos computacionales evolucionados a partir de diversas aportaciones científicas. Consisten en un conjunto de unidades, llamadas neuronas artificiales, conectadas entre sí para transmitirse señales. Existen diversos tipos de redes neuronales: estándar, recurrente estándar y recurrentes LSTM [10].

Una red neuronal estándar no cuenta con bucles ni función de normalización de los datos. Hay un proceso de *forward propagation* y otro de *backward propagation* para indicar el error acumulado. Se cuenta con un bucle de retroalimentación y unos elementos de memoria necesarios para tomar las decisiones; también hay unos elementos que establecen relaciones entre la información actual y la información anterior.

Una red neuronal recurrente estándar cuenta con un bucle a una función (como la tangente hiperbólica) que estandariza los datos. Se cuenta con una red neuronal y una función no lineal (en este caso, tangente hiperbólica) que ayuda a estandarizar los resultados y a evitar el desvanecimiento de los valores pequeños frente a los mayores valores.

La predicción de series temporales con RNN (siglas de "Redes Neuronales Recurrentes") del tipo LSTM [10] es un método para predecir eventos futuros en una serie temporal. Son un tipo de red neuronal artificial que permite procesar datos secuenciales, como el lenguaje natural o señales de tiempo, al mantener un estado interno que permite la retroalimentación de la información. LSTM es un tipo de red neuronal recurrente especialmente útil para trabajar con datos de series temporales, debido a su capacidad para retener información a largo plazo. Con una red neuronal LSTM, se evita este proceso mediante varios métodos [11]:

- Tiene la capacidad de interpolar valores de salida ante valores de entrada no vistos con anterioridad.
- Puede recordar datos relevantes para formar secuencias y mantenerlos en el tiempo.

Para decidir qué información se recuerda y cuál se olvida, se recurre al algoritmo de *backward propagation*.

En el caso de los juegos de lotería se procedió primero a desarrollar una red neuronal RNN pero debido a la ausencia del mecanismo de *forward propagation*. Por ello, al final del entrenamiento de la red, los valores obtenidos, en cuanto al valor real que se debería tener, marcaban un error muy alto e indicaban que apenas hay aprendizaje. Por tanto, se procedió a implementar una LSTM usando Python y el se recurre al optimizador Adam [12] y se procedió a entrenar el modelo.

En el entrenamiento se establece el *batch size*, que define el número de muestras que serán propagadas a lo largo de la red, es decir, la cantidad de muestras que se van a propagar en cada paso hasta que se hayan usado todas ellas queda definida por este valor. Se establece también el número de *epochs* que se van a requerir para completar el entrenamiento de la red. Cada *epoch* es un ciclo completo de los datos utilizados para el entrenamiento; se indica el número de 300 *epochs*. El último parámetro introducido es *verbose*. Con este parámetro en valor 2, se le pide al modelo que muestre la información sobre el número de *epochs* y los valores generales del entrenamiento para el control del progreso en el proceso del aprendizaje. Con la información proporcionada, se ha podido comprobar que el error mostrado por la pantalla se ha ido minimizando con cada ciclo de *epoch*, hasta llegar a un resultado aceptable.

Con el fin de hacer la predicción de los resultados, se preparan los datos que se van a usar en la alimentación de la red neuronal. Como la cantidad de *epochs* que logran mejores resultados es, de media, 300, se puede concluir que con cerca de 400 *epochs* se sobreentrena. Se entiende que no se deben forzar los entrenamientos a tener un número de ciclos superior a 300. Cuando la red neuronal supera el número óptimo de ciclos de entrenamiento, surge el problema del *overfitting*, es decir, el algoritmo solo se ajusta a aprender casos particulares muy concretos que no permiten la generalización de los datos. El hecho de introducir datos atípicos hace que la red neuronal no esté preparada para tenerlos en cuenta y solo considere como válidos aquellos que se parecen exclusivamente a los datos que se han dado de entrenamiento. En resumen, cuando se sobreentrena la máquina, se la hace menos flexible a cambios en los datos de prueba y los resultados son erróneos.

Se realizan múltiples pruebas con los parámetros de Split (proporción porcentual de los datos usados para la prueba y el entrenamiento), Epochs (iteraciones que utilizan todos los datos del entrenamiento para entrenar el modelo de aprendizaje), Learning rate (ajuste en el algoritmo de optimización que determina el tamaño del paso en cada iteración para conseguir el mínimo en la función pérdida) y tamaño de la ventana (cantidad de sorteos que son necesarios para poder crear una predicción). Por ejemplo, para la Primitiva la mejor combinación es *Split* 80/20, 350 *epochs*, *learning rate* de 0,6 y tamaño de la ventana de 6. En la

El resultado será una predicción de una media de 1,31 sobre siete números en la Primitiva (ver Figura 6) y de 1,07 sobre siete números en la Bonoloto. Como vemos, con la aplicación de las redes neuronales LSTM, la mejor opción, estamos lejos de tener un acierto que nos acerque al mínimo de 3 números, necesario para obtener premio económico.

```
1/1 [=====] - 0s 18ms/step
(Primitiva)The predicted numbers in the last lottery game are: [ 5 11 23 27 34 46 17]
(Primitiva)The actual numbers in the last lottery game were: [11 20 25 31 38 41 21]
(Primitiva)Número de aciertos: 1
(Primitiva)Acierto medio de las predicciones: 1.1314285714285715
```

Figura 6. Resultado de las predicciones en la Primitiva con la LSTM

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Como se ha podido comprobar, la aplicación de técnicas informáticas puede permitir la recopilación, la gestión y el análisis de cantidad relevantes de datos para obtener información y conclusiones útiles. Hemos comprobado la potencia del *web scraping* para disponer de grandes volúmenes de información con poco esfuerzo y en un tiempo mínimo. También se confirma cómo la gestión de la información en bases de datos con consultas potentes permite comprobar aspectos relevantes de conjuntos de información: en el caso de los juegos de lotería, se ha comprobado la equiprobabilidad de aparición de números en combinaciones ganadores y la tendencia a mayor probabilidad de aparición de los números que han aparecido en sorteos inmediatamente anteriores. Por último, se ha podido comprobar que las redes neuronales LTSM son las de mejor resultado para la predicción de números en sorteos futuros, aunque los resultados son débiles ya que no llegan al umbral para obtener retorno económico.

En cuanto a trabajos futuros de ampliación y mejora de la actividad desarrollada, se trabajará para alcanzar una predicción altamente efectiva con el uso de distintas arquitecturas en las redes neuronales y la experimentación con algunos parámetros en cada una de ellas para refinar los resultados. Por otro lado, la prueba fallida consistente en crear una red neuronal simple de tipo *fully connected* es un objetivo que se debe considerar a la hora de continuar y mejorar el trabajo. Por último, se quiere extender a otros juegos similares como el Euromillón, la lotería de Navidad o la lotería del Niño en el caso español, gracias a la relativa facilidad que ofrece el *web scraping* para recoger los datos históricos de los mismos.

VI. REFERENCIAS

- [1] R. Pérez, "Lotería, el gran negocio del Estado con el que gana más de 2.300 millones al año", ABC, (en línea), 22, de diciembre de 2019, Disponible: https://www.abc.es/economia/abci-loteria-gran-negocio-estado-gana-mas-2300-millones-201912220152_noticia.html.
- [2] Colaboradores de Wikipedia. "Lotería Primitiva de España" [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2023. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Loter%C3%ADa_Primitiva_de_Espa%C3%B1a.
- [3] Colaboradores de Wikipedia. "BonoLoto" [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2023. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/BonoLoto>.
- [4] M. Bueno. Anatomía del Juego: Un análisis comparativo de las posibilidades de ganar en los diferentes juegos de azar. Editorial Dykinson, 2014.
- [5] H. You, et al. "Drawing early-bird tickets: Towards more efficient training of deep networks". arXiv preprint arXiv:1909.11957, 2019.
- [6] A. S. Morcos, H. You, M. Paganini and Y. Tian, "One ticket to win them all: generalizing lottery ticket initializations across datasets and optimizers", in 33rd Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS2019), Vancouver, Canada, pp. 1-11, 2019.
- [7] H. Tanaka, D. Kunin, D. L. Yamins and S. Ganguli, "Pruning neural networks without any data by iteratively conserving synaptic flow". Advances in neural information processing systems, 33, pp. 6377-6389, 2020.
- [8] D. S. Sirisuriya, "A comparative study on web scraping" in Proceedings of 8th International Research Conference, KDU, pp. 135-140, 2015.
- [9] J. I. Garzón. "Cómo usar redes neuronales (LSTM) en la predicción de averías en las máquinas", [En línea], 6 de noviembre de 2018. Disponible: <https://blog.gft.com/es/2018/11/06/como-usar-redes-neuronales-lstm-en-la-prediccion-de-averias-en-las-maquinas/>.
- [10] Colaboradores de Wikipedia. "Red neuronal artificial" [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2023. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_neuronal_artificial.
- [11] C. Olah, "Understanding LSTM Networks", [En línea], 27 de agosto de 2015, Dipsonible: <https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/>.
- [12] A. Ajagekar, "Adam - Cornell University Computational Optimization Open Textbook - Optimization Wiki", [En línea], 16 de diciembre de 2021, Disponible: <https://optimization.cbe.cornell.edu/index.php?title=Adam>

Desarrollo de Yincana a partir de Bots de Telegram

Development of a Gymkhana making use of Telegram's bots

Sergio de-la-Mata-Moratilla, Ana Castillo-Martinez, Jose-Maria Gutierrez-Martinez, Raquel Fernandez-Cajoto, Blanca Calderon-Gonzalez

Universidad de Alcalá, Ciencias de la computación, España.

sergio.matam@uah.es; ana.castillo@uah.es; josem.gutierrez@uah.es; raquel.fernandezc@edu.uah.es; b.calderon@edu.uah.es

Resumen — Este artículo presenta una primera versión de una yincana desarrollada haciendo uso de Bots que operan en Telegram y que está pensada para su uso dentro del entorno universitario. A partir de esta herramienta, se busca proporcionar a los usuarios una forma de hacer uso de elementos con los que cuentan estrategias como la gamificación y los juegos serios, haciendo uso de una aplicación ampliamente utilizada por un gran número de usuarios en todo el mundo y sin tener que hacer uso de nuevas plataformas, aplicaciones o sistemas. En este artículo se presentará tanto la forma en la que se ha elaborado ésta, como también lo que la conforma en esta primera versión.

Palabras clave; Gamificación; Ludificación; Telegram; Bot.

Abstract — This paper presents a first version of a gymkhana developed using Bots working on Telegram and that is meant to be used in a university environment. With this tool, it is searched to provide to the users a way to make use of elements which are included at strategies such as gamification and serious games, employing an application which is used by many people all around the world, and without employing new platforms, applications, or systems. In this paper, it will be presented not only how it was developed, but also the elements that are part of this version of the project.

Keywords; Gamification; Ludification; Telegram; Bot.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha podido observar una gran evolución en todo el ámbito tecnológico, dando lugar a la aparición de nuevas tecnologías y dispositivos y un cambio generacional en una buena parte de los aspectos que conforman el día a día. Esto último en particular, viene de la mano los valores, creencias y opiniones que han ido adoptando los distintos conjuntos de personas con el tiempo en parte debido al momento al que nacieron.

Junto a esta evolución tanto tecnológica como a nivel de valores, creencias y opiniones de la gente en todo el mundo, se puede también observar la del concepto de juego. Inicialmente, este concepto estaba relacionado con juegos de mesa y deportes o juegos por equipo, pero durante los últimos dos siglos, su definición ha ido evolucionando hasta englobar a lo que se conoce hoy en día como “videojuegos”. Este nuevo término, presenta un nuevo paradigma en la forma en la que poder disfrutar jugando a través de dispositivos electrónicos como el teléfono móvil.

Tras la aparición de los videojuegos en nuestra cultura y mientras se presentaba como una nueva forma de ocio y se buscaba un hueco como algo común en nuestra sociedad, empezaron a surgir distintos planteamientos en cómo hacer uso de mecánicas y técnicas de los juegos y los videojuegos para tratar de establecerlos en entornos considerados como no lúdicos. De esta manera, en trabajos relacionados con la medicina y el marketing, podrían hacer uso de herramientas que cuenten con estas técnicas y mecánicas y así propiciar sus usuarios con una forma distinta y entretenida de presentar las tareas que deben realizar, o de explicarles una serie de contenidos nuevos.

A día de hoy, existen distintas formas en las que se pueden presentar mecánicas y técnicas de juego como son los juegos serios [1, 2], funware [3] y el aprendizaje basado en el juego [4]. Dentro de todas estas opciones, la más conocida es la que conoce por el término de “gamificación” o “ludificación”.

La gamificación es considerada como una estrategia basada en el juego como el resto de las estrategias. Esta estrategia, en lugar de enfocarse en el ámbito tradicional del juego centrado básicamente en el ocio, hace uso de elementos y mecánicas de este en ámbitos que no se consideran lúdicos de manera que cualquiera usuario que emplee una plataforma web o aplicación en la que se haya incorporado, pueda hacer que cambie su comportamiento, incremente su motivación y favorezca su participación a la hora de realizar una labor mediante una experiencia entretenida y/o divertida y con una posible recompensa al final del proceso [5, 6, 7].

Actualmente existe un gran catálogo de opciones al alcance de nuestra mano de plataformas y sistemas que hacen uso de este tipo de estrategias y, en particular, de la gamificación. Estas plataformas y sistemas se pueden encontrar ya sea como una aplicación de escritorio en un ordenador, como una página web o como una aplicación móvil.

Un problema que conlleva toda esta diversificación está relacionado con las dificultades que pueda tener un usuario a la hora de encontrar una buena plataforma o sistema enfocado a lo que necesita, junto con la falta de interés que pueda sentir éste en aprender a hacer uso de las funcionalidades diferentes que ésta pueda ofrecer, frente al resto de las aplicaciones de uso diario.

A partir de esta idea y haciendo uso de mecánicas y técnicas principalmente propias de la gamificación, se ha buscado desarrollar una yincana mediante el uso de Telegram y Bots. De esta manera, se puede contar con una mayor aceptación de los usuarios a la hora de hacer uso de estos recursos por encontrarse en una herramienta que les puede resultar conocida, particularmente a las generaciones más jóvenes.

En este artículo se va a presentar la estructura seguida para el desarrollo de una primera versión de dicha yincana junto con los elementos que la conforman en esta primera versión.

II. OBJETIVOS

Con el proyecto desarrollado, se buscaba satisfacer los siguientes objetivos:

- Favorecer a la creación de nuevas formas para establecer estrategias basadas en entornos no lúdicos en plataformas.
- Contar con una mejor aceptación de uso por los usuarios, en particular los más jóvenes, para situarse en una aplicación que pueden estar utilizando en su día a día.
- Mostar el uso de Telegram y sus Bots a través de la yincana.

III. ANÁLISIS Y ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA

A. Estructura de la herramienta

En esta primera versión de la herramienta elaborada, se ha trabajado en el desarrollo de una API que cuenta con los servicios principales de la herramienta tales como las siguientes tareas que el usuario pueda realizar, obtener pistas o conocer el estado de la realizando de las actividades por parte del usuario hasta ese momento.

En la Fig. 1, se puede observar un diagrama de los elementos que conforman el proyecto en esta versión junto con las comunicaciones que existen entre ellos.

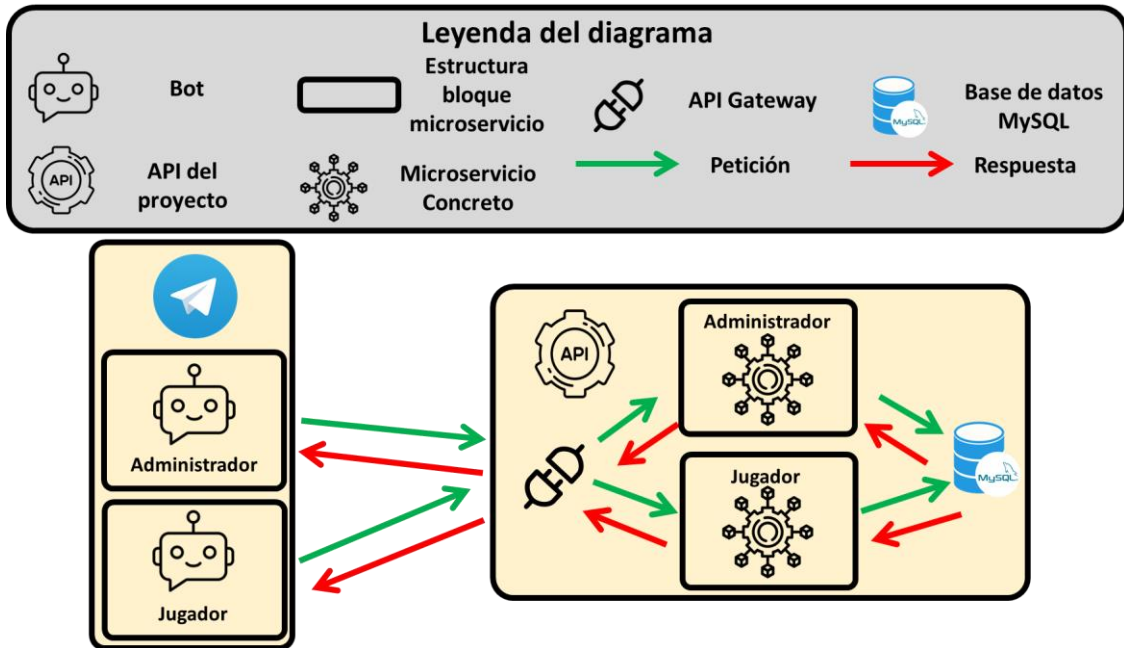


Fig. 1. Diagrama de los distintos elementos que conforman la herramienta y sus comunicaciones en su primera versión.

Como se puede ver en el diagrama, el proyecto se encuentra dividido en dos partes.

En un lado, se encontraría el bloque de la izquierda que representaría a los bots del proyecto que se encuentran disponibles en Telegram siendo uno enfocado a la parte del administrador, y el otro enfocado a las actividades que puede realizar el usuario o jugador que participa en la yincana.

En otro lado, está disponible el bloque de la derecha que muestra la estructura de la API que emplea la herramienta del proyecto. Esta API a su vez, está formada por un API Gateway que se encargará de servir como punto único de acceso a la API además de transferir el tráfico de las peticiones a los distintos servicios de la API; dos microservicios que se conectan al API Gateway y que cuentan con los servicios que se les permite realizar a los distintos tipos de usuario, uno centrado en los servicios del administrador y el otro, en el de usuario jugador; y una base de datos de la que obtienen los datos cada uno de los microservicios de la API del proyecto.

B. Modelo de datos

Teniendo en cuenta la estructura con la que cuenta esta primera versión de la herramienta elaborada, es pertinente conocer cómo es la estructura de la base de datos del proyecto.

Se puede observar en Fig. 2 y Fig. 3, el diagrama Entidad-Relación y el diagrama con el que cuenta en esta primera versión la base de datos de proyecto respectivamente.

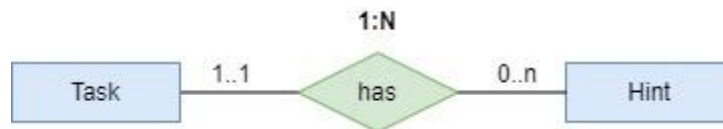


Fig. 2. Diagrama Entidad-Relación de la base de datos.

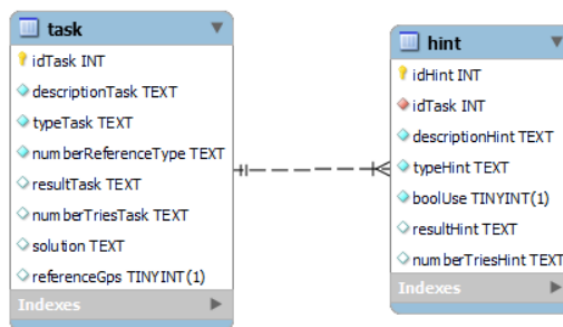


Fig. 3. Estructura de la base de datos

Tal y como se puede apreciar, esta base de datos solo cuenta con dos tablas en donde se almacenan los datos tanto de las tareas que puede realizar el usuario jugador, como las pistas que éste puede obtener para resolver a la tarea correspondiente en cada momento.

El motivo principal de este planteamiento se debe a que en esta primera situación del proyecto lo que se buscaba es permitir comprobar si era posible ofrecer a un único usuario realizar una serie de actividades como si realizara una yincana mediante el uso de bots de Telegram, sin aplicar un componente multijugador que se aplicaría en una futura versión de la herramienta, es decir, que el resto de usuarios jugadores pudieran ver las acciones del resto de jugadores y que todos participaran de manera colaborativa o que todos realizaran la misma prueba de forma independiente y que sus resultados fuera aparte del resto de usuarios jugadores.

C. Servicios del proyecto

Como se ha mencionado previamente, esta herramienta está pensada para ser utilizada tanto por parte de un usuario administrador que se encargará de analizar las acciones que vaya realizando el usuario jugador a lo largo del transcurso de la yincana, como también el usuario que va a participar en la yincana.

En Fig. 4, se puede observar un diagrama de casos de usos en el que se muestran las acciones que pueden realizar cada uno de los dos tipos de usuario tales como que el administrador puede comprobar que está haciendo el jugador en cada momento, validar una respuesta del usuario en caso de que no encaje con la respuesta esperada para una tarea y visualizar que tareas ha realizado y cuantos intentos le llevado responder correctamente, o que en el caso del usuario jugador pueda responder a las tareas, solicite una pista a una tarea o decida saltar una tarea.

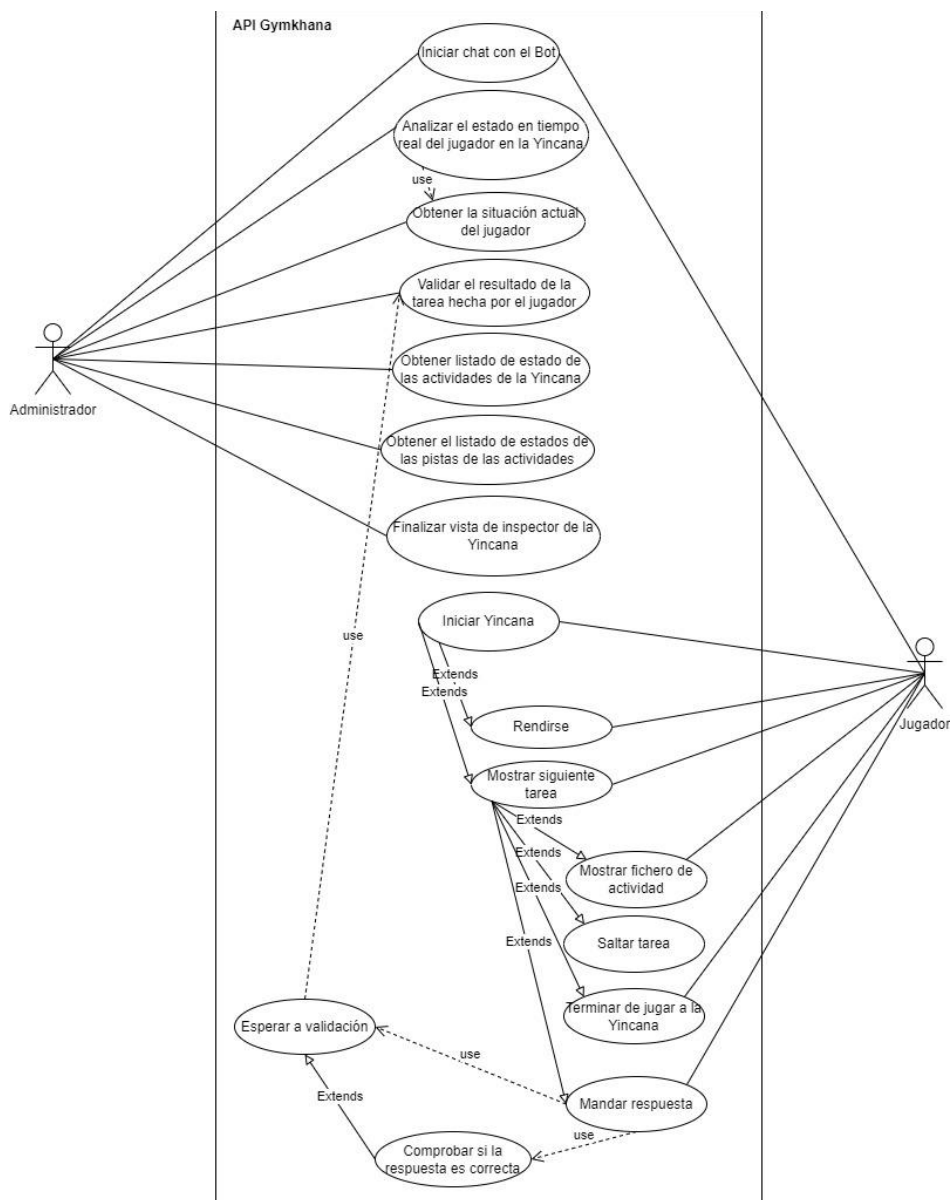


Fig. 4. Diagrama de Casos de Uso del API de la Yincana

D. Interfaz de Usuario

Para poder interactuar con esta herramienta, cada uno de los distintos usuarios debe buscar inicialmente al bot con el que va a interactuar, teniendo cada uno el suyo propio. Una vez encontrado, cada uno iniciaría una conversación con su bot e interactuarían con ellos mediante el uso de los comandos que tiene disponibles cada uno y los botones con los que puede contar algunas de las respuestas que puede proporcionar como respuesta el bot a alguna de las acciones del usuario.

En Fig. 5 y Fig. 6, se puede ver una pequeña demostración del comportamiento de cada uno de los bots de acuerdo con distintas acciones de los usuarios.

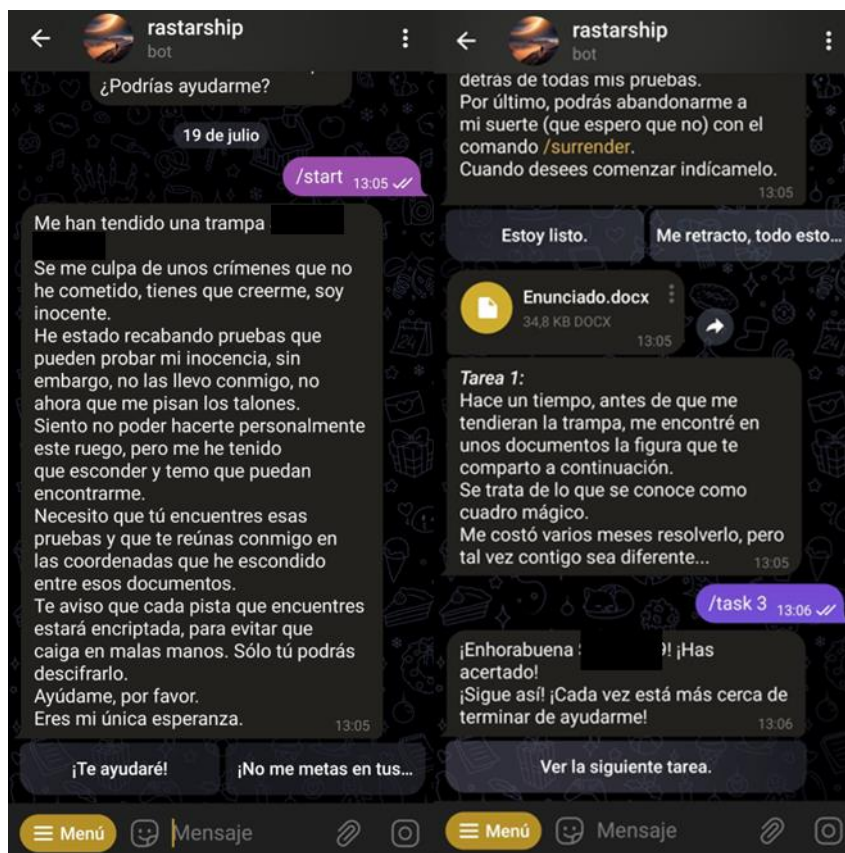


Fig. 5. Inicio de la yincana por parte del usuario jugador y la validación sobre de que ha respondido correctamente a la tarea en su bot de Telegram.

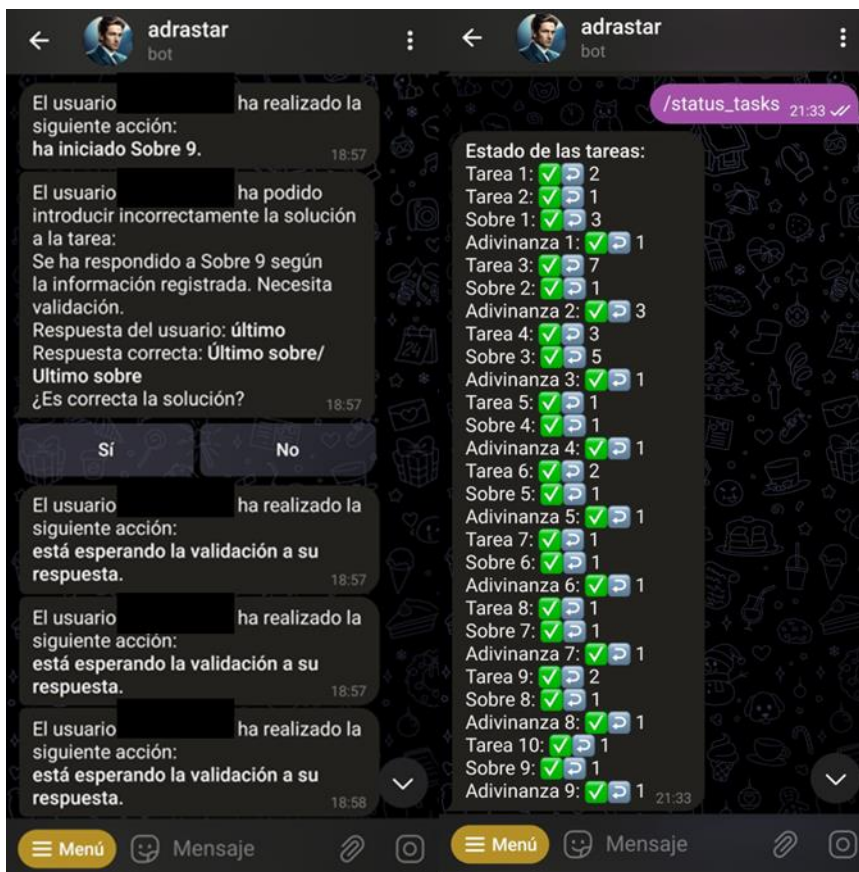


Fig. 6. Estado de las acciones del usuario jugador junto con la visualización del estado de las actividades realizadas por el usuario jugador desde la vista del administrador en su bot de Telegram.

IV. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Una vez finalizada esta primera versión del proyecto, se realizaron una serie de pruebas sobre distintos usuarios para ver tanto su correcto funcionamiento como su viabilidad para proporcionar una experiencia entretenida y distinta a la que suelen plataformas, sistemas y aplicaciones gamificadas o enfocadas a otras estrategias que emplean técnicas del juego.

Tras finalizar dichas pruebas, los usuarios indicaron que habían experimentado una experiencia gratificante y distinta a la que habían vivido haciendo uso de herramientas tales como Kahoot!, Socrative, Wooclap o plataformas gamificadas y que les gustaría experimentar nuevas ideas en la línea a lo planteado en esta herramienta.

V. CONCLUSIONES

Tras realizar un estudio sobre las distintas estrategias que se utilizan hoy en día basadas en las mecánicas y técnicas de los juegos y videojuegos, se ha desarrollado una primera versión de una herramienta desarrollada con la intención de hacer uso de estas mecánicas y técnicas de los juegos y videojuegos y aplicarlos en una aplicación ampliamente utilizada a nivel mundial.

De esta forma, vuelve innecesario al usuario de hacer uso de nuevas plataformas, sistemas o aplicaciones enfocadas a enseñar una materia a los usuarios o bien volver más amena la labor a realizar planteándola de una forma más entretenida para él.

Tras realizar esta primera versión de la plataforma, se espera realizar una segunda versión más completa que disponga de funcionalidades tales como un modo multijugador de manera que pueden trabajar los usuarios de manera colaborativa como de forma competitiva.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Gamificación y Juegos Serios: ¿qué son y por qué funcionan?* - Belén Gomez / *T3chFest 2018*, (9 de marzo de 2018). Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=GRmbHwVArUg>
- [2] «¿Qué son los “Serious Games” (juegos serios)? - ExeBlog, desarrollo de videojuegos y más». <http://www.exelweiss.com/blog/356/serious-games-juegos-serios/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [3] «Funware», *Wikipedia*. 28 de diciembre de 2020. Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Funware&oldid=996855672>
- [4] «Kahoot! Aprendizaje basado en el juego», *Inspiratics*. <http://inspiratics.org/es/recursos-educativos/recursos/kahoot-aprendizaje-basado-en-el-juego/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [5] *Es lo mismo gamificar que jugar / Serious Game / Gamificación*, (1 de agosto de 2014). Accedido: 27 de julio de 2022. [En línea Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=rdzjUhrBlq0>
- [6] *ttcInnovations*, «Gaming Vs Gamification – Is There A Difference? - Custom Learning and Development Solutions», *ttcInnovations*, 12 de mayo de 2017. <https://ttcinnovations.com/gaming-vs-gamification-is-there-a-difference/> (accedido 18 de julio de 2023).
- [7] Gobierno de Canarias, «Gamificación», *Kit de Pedagogía y TIC*, 31 de mayo de 2017. <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/pedagogic/gamificacion/> (accedido 18 de julio de 2023).

Aplicaciones



Red COMPDES

Rendimiento de una aplicación web SPA utilizando servicios Rest

Performance of a SPA web application using Rest services

Milton Lopez

Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador
milton.lopez@unach.edu.ec

Jorge Edwin Delgado Altamirano

Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador
jdelgado@unach.edu.ec

Alexander David Bonilla Adriano

Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador
adbonilla.fis@unach.edu.ec

Resumen — La investigación se desarrolló como un caso de estudio aplicado al proceso de creación de fichas médicas, con la pregunta de investigación: ¿El rendimiento de la aplicación de fichas médicas, web SPA utilizando Rest para el “Hospital Andino de Chimborazo” presenta un rendimiento aceptable?. Para el desarrollo de la aplicación se utilizó la metodología Scrum y la norma ISO/IEC 25010 para evaluar el servicio REST, considerando el modelo *nivel de servicio basado en la métrica del tiempo de respuesta*. La carga y respuesta del servicio Rest se obtuvo de un ambiente de simulación utilizando Apache JMeter. Los tiempos de respuesta en promedio fueron del 99.12%, valor que de acuerdo con la métrica *rendimiento del servicio* se considera satisfactorio.

Palabras clave; *web spa, rest, scrum, isoiec 25010.*

Abstract — The research was developed as a case study applied to the process of creating medical records, with the research question: Does the performance of the medical records application, web SPA using Rest for the "Hospital Andino de Chimborazo" present an acceptable performance? For the development of the application, the Scrum methodology and the ISO/IEC 25010 standard were used to evaluate the REST service, considering the service level model based on the response time metric. The load and response of the Rest service was obtained from a simulation environment using Apache JMeter. The average response times were 99.12%, a value that according to the service performance metric is considered satisfactory.

Keywords; *web spa, rest, scrum, isoiec 25010.*

I. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos dentro de la web, llevan a múltiples compañías como Twitter, YouTube, Facebook, entre otras, a optar por la implementación de aplicaciones que consumen datos de una API-REST (interfaz de programación de aplicaciones - transferencia de estado representacional) para mejorar la experiencia del usuario [1].

Los usuarios hoy en día están acostumbrados a la cercanía y comodidad de las aplicaciones nativas para computadora personal (PC) y móvil sobre diferentes sistemas operativos, demandan la misma cercanía y simplicidad en el contenido que ofrece una aplicación web, pero aún dependen de los navegadores que hacen de intermediarios entre la aplicación y el usuario [2]. Las aplicaciones web SPA (Single page

applications) se han convertido en una gran opción brindando experiencia fluida al usuario, este tipo de aplicaciones otorgan una ventaja competitiva [3].

La tendencia en el desarrollo de sitios y aplicaciones web, combina los beneficios de la arquitectura API-REST en conjunto con la versatilidad de las páginas web SPA, la característica de las páginas web SPA es que presentan un comportamiento similar a una aplicación nativa de escritorio.

En comparación con las aplicaciones web basadas en hipertexto, Las páginas web SPA no tienen una estructura de navegación explícita. En cambio, su flujo de trabajo es controlado implícitamente por los estados de sus elementos de control (widgets). Por ejemplo, los widgets pueden aparecer o desaparecer para proporcionar información diferente al usuario, la información proporcionada por un widget puede cambiar con el tiempo, y los widgets se pueden deshabilitar para impedir que el usuario realice una determinada acción [4].

En las SPA, todos los componentes necesarios se descargan en la primera carga de la página. El timeline de twitter y la bandeja de entrada de gmail son ejemplos de SPA. Sin embargo, algunos contenidos y componentes se cargan dinámicamente a medida que el usuario interactúa con él. Por ejemplo, en la misma página web un usuario puede cambiar de pestaña, abrir un diálogo para publicar nuevos contenidos y ejecutar operaciones de paginación sin cambiar la ruta URL en la del navegador [5].

Las aplicaciones web SPA, utilizan servicios REST para permitir un acoplamiento flexible del cliente (front-end) y del servidor (back-end). REST es el encargado de proporcionar la autenticación, autorización, validación y manipulación de datos, mientras que la aplicación del cliente se encarga de recuperar los datos y enviarlos a la API [6].

Para evaluar el rendimiento de aplicaciones SPA basadas en Rest sobre entornos críticos de operación, se propone un conjunto de medidas que permitan conocer la operatividad de este tipo de aplicaciones.

Las herramientas de software actualmente son utilizadas por las organizaciones para la optimización de sus procesos, por lo que estas herramientas deben tener múltiples estándares para asegurar su calidad. La calidad de software hace referencia al grado de desempeño que el software debe cumplir durante su ciclo de vida, estos estándares garantizan la confiabilidad del software [7].

En el trabajo desarrollado por Catalán y Villanueva [8] se enfatiza la funcionalidad del diseño de páginas web SPA, pero no se consideran aspectos como la operación en conjunto con web services. Otro estudio como el de Hernández et al. [9], propone un modelo de operación de páginas web SPA con web services Rest, sin embargo, deja pendiente la implementación práctica del mismo.

El “Hospital universitario Andino de Chimborazo” como unidad médica privada presentaba la necesidad de registrar las fichas médicas de sus pacientes, desde su ingreso, luego el registro de las condiciones del paciente, la revisión del médico, el seguimiento de la unidad de enfermería y todo el proceso administrativo que representa esta actividad.

En este contexto se desarrolló una aplicación web SPA basada en Rest para el registro de pacientes y seguimiento a las historias clínicas de la unidad hospitalaria. Mas allá de satisfacer esta necesidad operativa del hospital, se buscaba además probar el rendimiento que presentaba este tipo de aplicaciones, por lo que se utilizó la herramienta Apache JMeter para simular la operación y respuesta de la aplicación, previa a la puesta en marcha de este sistema.

La aplicación fue desarrollada considerando los requerimientos de los usuarios del hospital sin embargo para exponer los resultados de esta investigación se consideró únicamente los resultados de la simulación debido a que en la puesta en marcha del sistema el comportamiento del sistema fue completamente normal y no demandó esfuerzo adicional del servidor.

En el trabajo de Peñalva [10] se presentó un modelo de evaluación de la calidad del software en sistemas web, basado sobre el estándar ISO/IEC 25010 considerando aspectos como: funcionalidad, usabilidad, seguridad y calidad de la información. Para esta investigación se consideró evaluar el rendimiento del sistema en los aspectos eficiencia y disponibilidad desde el servidor.

Se plantea como hipótesis principal de esta investigación que el rendimiento de la aplicación web SPA utilizando Rest para el “Hospital universitario Andino de Chimborazo” presenta un rendimiento aceptable respecto a la carga y respuesta de los servicios requeridos desde el servidor.

II. METODOLOGÍA

El desarrollo metodológico de la investigación se presenta en la Figura 1.

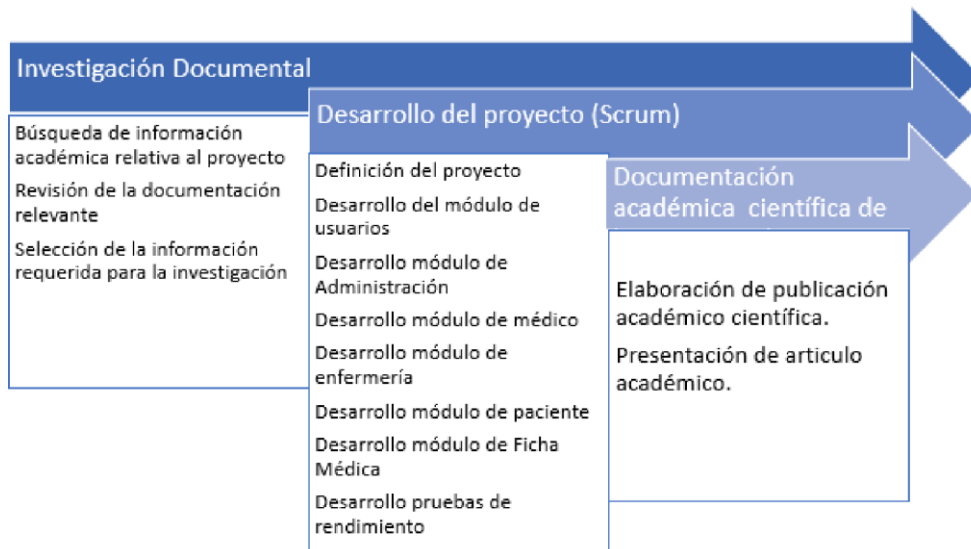


Figura 1. Metodología de la investigación (Fuente: Los autores)

A. Investigación documental

En el proceso de elaboración de la investigación se ha realizado la búsqueda documental en bases de datos científicas como Springer, motores de búsqueda indexados como Scielo y tesis de repositorios de universidades reconocidas. Los temas requeridos para el desarrollo de la investigación están relacionados a aspectos como: Api Rest, páginas web SPA, modelos de evaluación de calidad del software.

B. Desarrollo del proyecto

En esta etapa se determinó el alcance y definición del proyecto de software, considerando los diferentes requerimientos e historias de los usuarios del hospital universitario. Para desarrollar la aplicación web SPA se aplicó la metodología ágil Scrum (marco de gestión de proyectos de metodología ágil), que permite la planificación y gestión del desarrollo del aplicativo a través de un modelo iterativo incremental, se planificaron sprints (período breve de tiempo fijo para completar una cantidad de trabajo) para la implementación de la aplicación web SPA y registro de las fichas médicas. A continuación, se ejecutó pruebas de rendimiento cuantitativo para el análisis e interpretación del rendimiento del servidor REST.

Los sprint corresponden a: Revisión de requerimientos funcionales y recursos, módulo de usuarios, módulo de administración, módulo médico, módulo de enfermería módulo de paciente, módulo de ficha médica y las pruebas de rendimiento.

C. Tipo y diseño de la investigación

Se identificó los recursos que brindan la información académica relevante sobre los beneficios de las aplicaciones web SPA, servicios REST y las métricas necesarias del modelo nivel de servicio basado en la métrica del tiempo de respuesta de la norma ISO/IEC 25010, para determinar si el rendimiento del servidor REST es óptimo. Como parte del análisis experimental se utilizó los resultados de Apache Meter para evaluar el rendimiento del servidor REST.

D. Unidad de análisis

A través de la herramienta de testing (proceso para verificar y validar la funcionalidad de una aplicación de software) Apache JMeter se estableció un conjunto de peticiones dirigidas al servidor REST, para aplicarle una carga y simular las peticiones HTTP mediante los diferentes verbos como GET, POST, PATCH, etc. Los indicadores de calidad utilizados se establecieron después de analizar estudios en el desempeño de servidores REST con estándares de calidad ISO/IEC 25010.

E. Población y muestra

Para evaluar el rendimiento de aplicaciones web SPA utilizando servicios Rest, se utilizó los datos generados en Apache Jmeter, que simula cargas de petición y respuesta del servidor. En cada carga se definirá el número de peticiones en un periodo de tiempo, para el presente trabajo investigativo se estableció las peticiones como la población a estudiaren en un número de 2400 peticiones.

F. Unidad de análisis

Considerando la cantidad de peticiones determinadas para la población, la muestra se puede obtener aplicando una fórmula de muestreo a la población finita [11].

n : Muestra

N=2400

Z : Nivel de confianza=99% (2.58). p :

Probabilidad de éxito=50%. q :

Probabilidad de fracaso=50%. e : Error de

muestra=5.16%.

$$n=(z^2*p*q)/(e^2+((z^2*p*q)/N))=495.8 \quad (1)$$

G. Recolección de datos

Para la generación de los datos del análisis, se ejecuta una prueba de rendimiento con Apache JMeter, esta herramienta devuelve un conjunto de resultados como: el tiempo de respuesta, bytes recibidos, bytes enviados y porcentaje de errores que ocurrieron en el servidor.

III. RESULTADOS

De acuerdo con la metodología propuesta para el análisis de rendimiento, se aplicó una carga de 496 solicitudes a los diferentes endpoints (dispositivo informático remoto que se comunica a través de una red a la que está conectado) que componen los módulos del sistema. En la Tabla 1 se detalla los endpoints a los que se aplicó las cargas simuladas. También se estableció un tiempo exigido "T0" de 400 ms que es lo que se establece en la métrica de rendimiento del servicio y se aplicó la fórmula de la ecuación 2.

TABLA 1 ENDPOINTS [11]

Módulo	Descripción	Endpoints
Login	Acceso al sistema informático.	/api/account/login /api/account/me /api/myrole/modules
Pacientes	Registro de los pacientes.	/api/patient
Consultas	Consulta de los registros.	/api/profiles /api/medics /api/diseasetypes /api/diseasetype/:id/diseases /api/examtypes /api/examtype/:id/exams /api/patients

Ficha médica	Registro de las fichas médicas.	/api/medics /api/patients /api/patient/:id/medicalrecord /api/medicalrecord/:id/vitalsign /api/medicalrecord/:id /api/medicalrecord/:id/rpe /api/medicalrecord/:id/cros /api/medicalrecord/:id/medicalexams
		/api/medicalrecord/:id/diagnostics

Ecuación de rendimiento del servicio [12]

Rendimiento de servicio w .

T^w : Número de tareas completadas.

T_0 : Tiempo requerido.

$$W = \text{Nro}(T^w < TC; \text{ en periodo } t) / \text{Nro}(\text{Peticones}^w; \text{ en periodo } t) \quad (2)$$

Como se describe en la Tabla 1, el módulo de login cuenta con tres endpoints que trabajan en conjunto para proporcionar acceso a la aplicación. Por cada operación de inicio de sesión se sigue la secuencia que se muestra en la Figura 2.

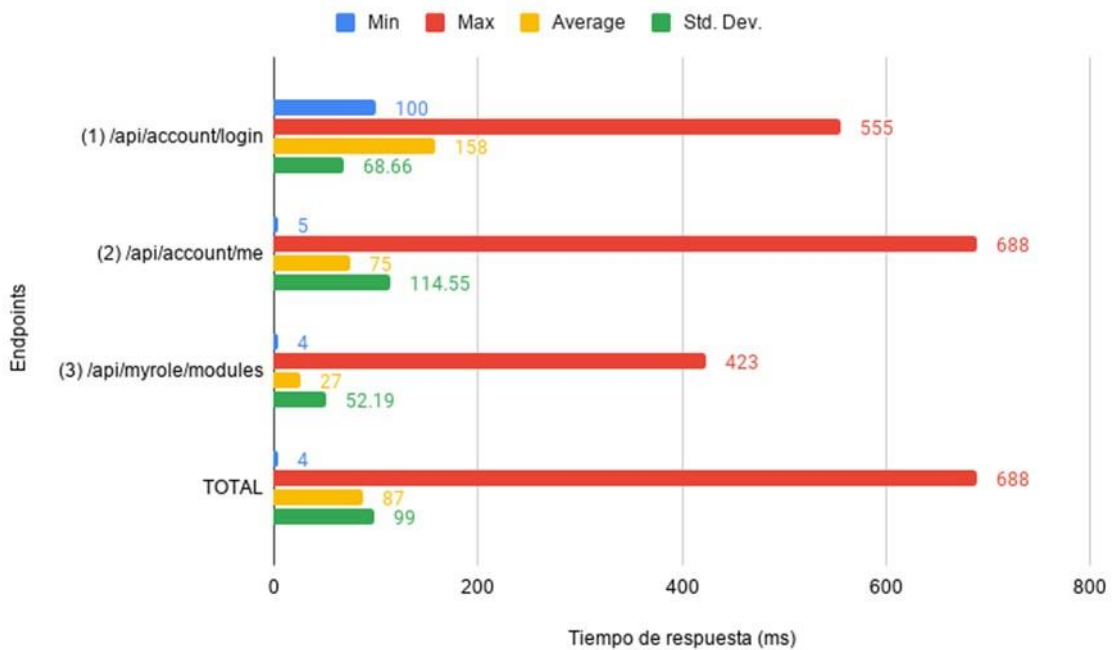


Figura 2: Rendimiento del módulo Login.

La gráfica presenta el tiempo que tarda el servidor en devolver una respuesta al cliente. Se observa que en los momentos de menor carga el tiempo de respuesta es de 4 ms, mientras que con una mayor carga los tiempos de respuesta pueden llegar hasta un valor máximo de 688 ms, sin embargo, el promedio del tiempo de respuesta no supera los 99 ms. Después de aplicar la fórmula de rendimiento de servicio, el módulo de login alcanzará un rendimiento de 97,58 %.

El módulo de pacientes se utiliza para registrar la información del paciente este módulo tiene un solo endpoint.

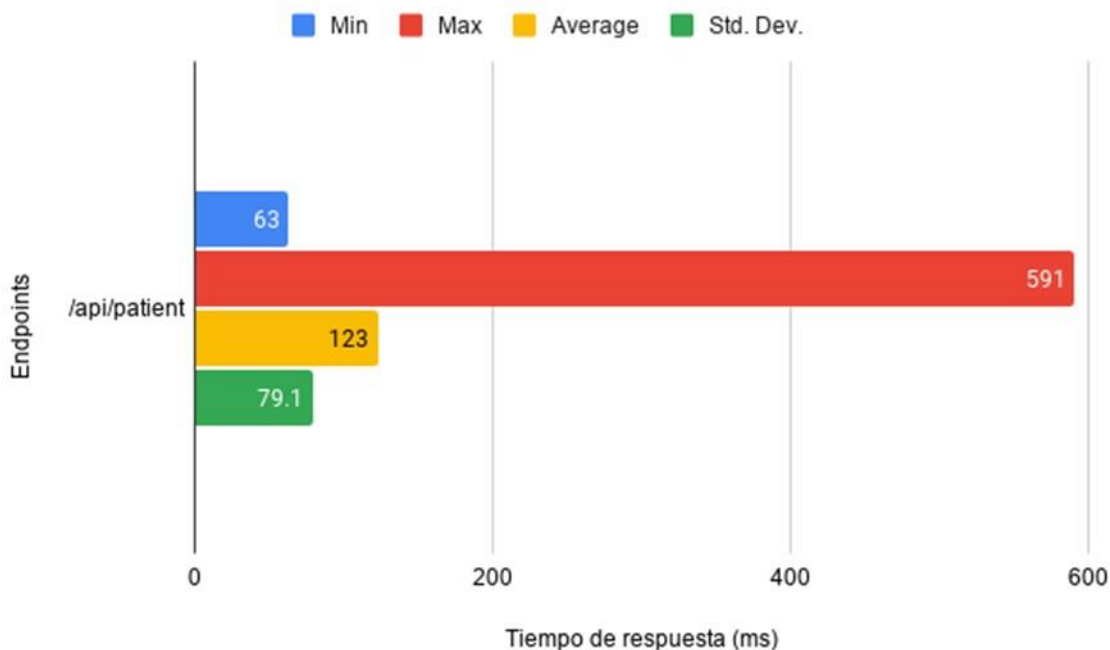


Figura 3: Rendimiento del módulo Pacientes.

Se observa que en los momentos de menor carga el tiempo de respuesta es de 63 ms, mientras con una mayor carga pueden llegar hasta un valor máximo de 591 ms y un promedio del tiempo de respuesta igual a 79.1 ms, Con un rendimiento del 97.58 %.

El módulo de consultas es un conjunto de endpoints que proporciona información sobre todos los registros existentes en la base de datos.

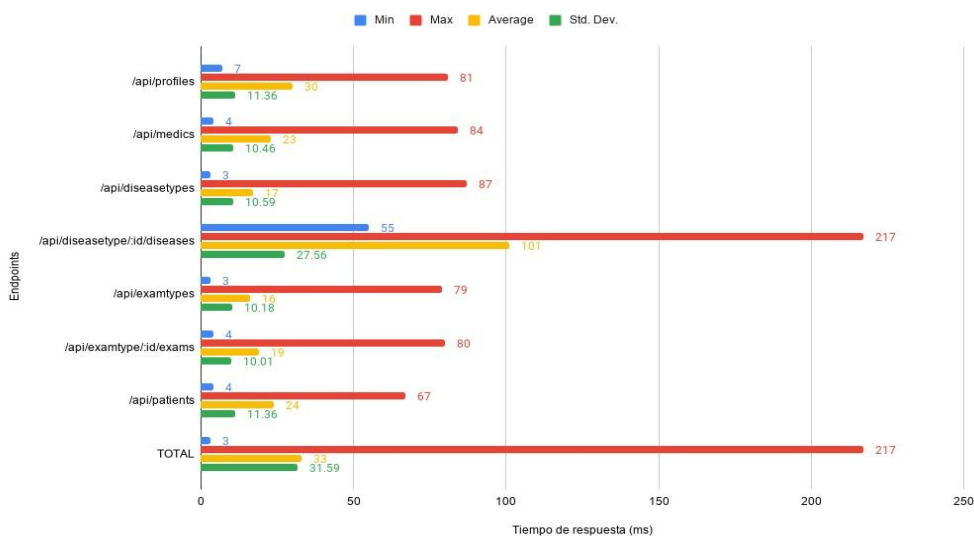


Figura 4: Rendimiento del módulo Consultas.

Esta gráfica muestra que a menor carga el tiempo de espera es de solo 3 ms, a mayor carga el tiempo alcanza el valor máximo de 217 ms y un tiempo de respuesta promedio igual a 33 ms. Mostrando que este módulo está por debajo del tiempo establecido por la métrica de rendimiento de servicio mostrando un rendimiento del 100 %.

El módulo de ficha médica utiliza una gran cantidad de endpoints por la naturaleza de información que registra.

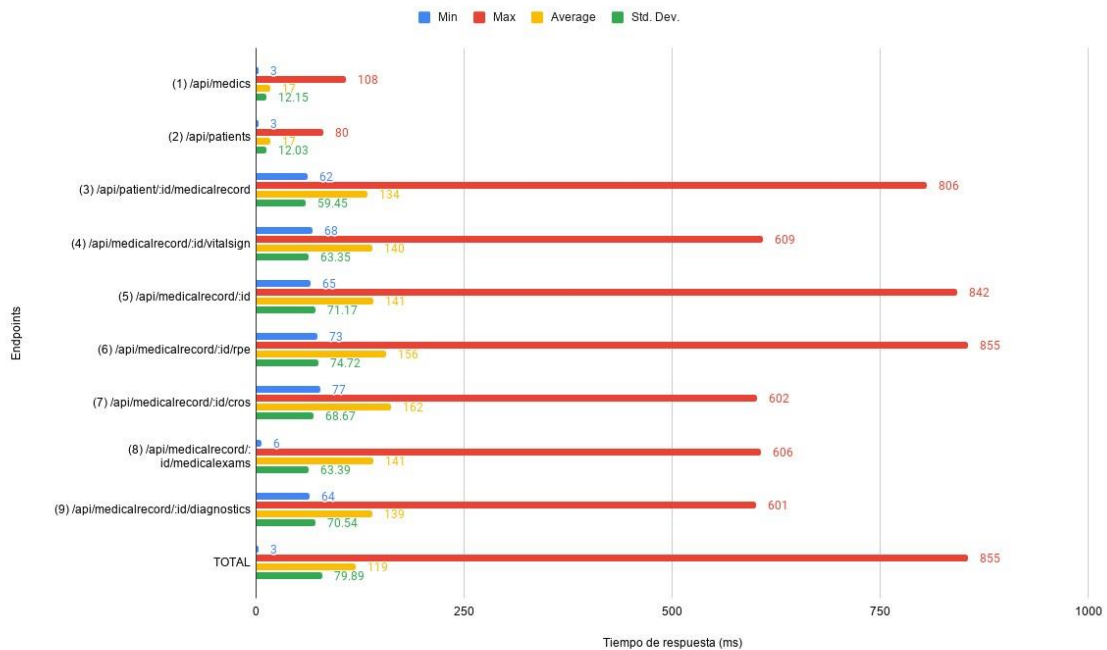


Figura 5: Rendimiento del módulo Consultas.

Se observa que en los momentos de menor carga el tiempo de respuesta es de 3 ms, con una mayor carga puede llegar hasta un valor máximo de 855 ms con un promedio del tiempo de respuesta igual a 119 ms. El rendimiento del módulo de la ficha médica es del 98.81 %.

Al promediar el rendimiento de los cuatro módulos: login, paciente, búsquedas y ficha médica el rendimiento de la aplicación es de 99.12 %.

A partir de la investigación realizada y de acuerdo con los resultados de evaluar el rendimiento de la aplicación web SPA basada en REST, el tiempo de respuesta promedio es inferior a 400 ms que de acuerdo con lo establecido para la métrica de rendimiento de servicio de la norma ISO/IEC ISO/IEC 25010 se determina que se tiene un rendimiento satisfactorio en la gestión del proceso de fichas médicas del caso de estudio

IV. CONCLUSIONES

Las aplicaciones web SPA y los servicios REST tienen una arquitectura cliente-servidor que permite tiempos de respuesta cortos al cargar la aplicación completa una sola vez y evitar recargar con cada operación que el usuario realiza sobre las historias clínicas.

Para el desarrollo de la aplicación web SPA se utilizó la metodología ágil Scrum, que permitió generar entregables en periodos cortos de tiempo, además se utilizó herramientas y frameworks de software libre como LoopBack y Vue.js en la creación de aplicaciones SPA y servidores REST.

La herramienta Apache JMeter permitió aplicar un conjunto de cargas a la aplicación web SPA utilizando REST, los datos que se obtuvieron permitieron evaluar el rendimiento de los servicios REST sobre los diferentes endpoints. A partir de los resultados proporcionados por Apache JMeter se obtuvo un rendimiento promedio de 99.12 %, ubicado en el rango de 65-100, esto permite concluir que el servidor REST proporcione un rendimiento satisfactorio de acuerdo con la métrica de rendimiento de servicio, con tiempos de respuesta menores a 400 ms.

Para trabajos futuros se puede considerar la integración de aplicaciones web progresivas con internet de las cosas e industrias 4.0, para captura y gestión de data desde cualquier dispositivo que genere información digital.

Este proyecto corresponde a un caso de estudio particular por lo que no se puede generalizar los resultados, se puede contrastar los resultados con otros proyectos similares para determinar una mas acertada valoración del proceso utilizado.

V. AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta investigación se realizó con el auspicio de los directivos del Hospital Universitario Andino de Chimborazo por lo cual agradecemos por toda la colaboración recibida.

VI. REFERENCIAS

- [1] M. Frutos, A. Arsaute, F. Zorzan, M. Daniele, A. González y M. Frutos, «Generación automática de api rest a partir de api java, basada en transformación de modelos (mdd),» de *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*, La Plata, 2018.
- [2] E. L. Ortega, *Aplicaciones Web progresivas*, Santander: Universidad de Cantabria, 2019.
- [3] Y. Kelvin, «An Overview of Modern Web Application Frameworks,» 2018. [En línea]. Available: <https://bravoka.io/articles/modern-web-application-frameworks/>.
- [4] G. Zhang, «Specifying and Model Checking Workflows of Single Page Applications with TLA,» de *International Conference on Software Quality*, Macau, China, 2020.
- [5] M. Hasan, M. A. Rahman, M. S. Chowdhury, M. H. Rahman, K. H. Abdulle, F. Sadia y M. Hasan, «Testing React Single Page Web Application using Automated Testing Tools,» de *International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, ENASE*, Proceedings, 469–476. <https://doi.org/10.5220/0011077900003176>, 2022.
- [6] K. Nygård, «Single page architecture as basis for web application,» Junio 2015. [En línea]. Available: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/17773>.
- [7] M. Callejas, A. C. Alarcón y A. M. Alvarez, «Modelos de calidad del software, un estado del arte*,» *Entramado*, pp. 236-250, 2017.
- [8] O. S. Catalán y O. A. Villanueva, *Implementación de una web Single Page App para proyecto de emprendedores TeamSurfing.com*, Pamplona, 2014.
- [9] A. Hernandez, N. Scholz y F. Matthes, «A Model-driven Approach for Generating RESTful Web Services in Single-Page Applications,» de *6th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development*, (MODELSWARD 2018) (págs. 480-482). Madeira: Portugal, 2018.
- [10] M. Peñalva, *Un modelo de evaluación de la calidad de aplicaciones Web en e-government*, La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2014.
- [11] A. D. Bonilla, *Aplicación web SPA para la gestión de fichas médicas en el Hospital Universitario Andino utilizando servicios Rest*, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2021.
- [12] M. M. Moreno, *Métricas para la interoperabilidad de la información en el gobierno electrónico*, Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2007.

Prototipo de un Sistema de Monitoreo Ambiental de Bajo Costo Basado en Internet de las Cosas

Un Caso de Estudio en la Ciudad de Esmeraldas, Ecuador

A Low-Cost Environmental Monitoring System Prototype Based on Internet of Things

A Case Study in the City of Esmeraldas, Ecuador

Karla Angulo-Montenegro, Pablo Pico-Valencia

Grupo de Investigación en Salud, Sociedad y Tecnología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador

karla.angulo@pucese.edu.ec, pablo.pico@pucese.edu.ec

Resumen — La contaminación del aire representa un riesgo significativo para la salud. Por tanto, se hace necesario contar con tecnologías orientadas a monitorear la calidad del aire para disponer de datos que permitan conocer los niveles de contaminación. El objetivo principal de esta investigación es diseñar y desarrollar un sistema de monitoreo continuo de parámetros meteorológicos y contaminación del aire utilizando tecnología de comunicación basada en Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) para generar información relevante para la toma de decisiones en materia ambiental. En términos metodológicos la investigación es de tipo mixta ya que combina el paradigma de la investigación cualitativa y cuantitativa. Además, la investigación sigue los lineamientos del método experimental para validar el prototipo en términos de la calidad de los datos y el funcionamiento de la red de IoT. Como resultado se obtuvo un prototipo de bajo costo especializado en el monitoreo de parámetros ambientales tales como: temperatura, humedad, presión atmosférica, material particulado PM2.5 y densidad de polvo. Dicho prototipo incorporó nodos compatibles con el estándar Wi-Fi a partir de un controlador ESP8266. En cuanto al software, se implementó un sistema de almacenamiento de datos y un sitio web en la plataforma Ubidots. Los datos obtenidos por los nodos sensoriales se mostraron en paneles gráficos fáciles de interpretar, accesibles desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. Se concluye que los nodos que componen la red de IoT son altamente usables y por tanto pueden ser manipulados por profesionales de tecnologías y otras áreas como Gestión Ambiental, quienes generalmente requieren de estos dispositivos y datos para llevar a cabo análisis y proponer normativas.

Palabras clave; Internet de las cosas; aire; monitoreo; ambiente; Ubidots.

Abstract — Air pollution poses a significant health risk, necessitating the use of technologies for monitoring air quality and obtaining data on pollution levels. The primary objective of this research is to design and develop a continuous monitoring system for meteorological parameters and air pollution using IoT-based communication technology. This system aims to provide relevant information for environmental decision-making. The research methodology is mixed, combining qualitative and quantitative approaches. The experimental method is followed to validate the prototype's data quality and IoT network performance. The result is a cost-effective prototype that specializes in monitoring environmental parameters such as temperature, humidity, atmospheric pressure, PM2.5 particulate matter, and dust density. The prototype incorporates nodes compatible with ESP8266 controller's WiFi standard. Software-wise, a data storage system and website were implemented on the Ubidots platform. The collected data from the sensor nodes are displayed through user-friendly graphical panels accessible from any internet-enabled device. In conclusion, the IoT network's nodes are highly user-friendly, making them suitable for use by technology professionals and environmental managers who require device manipulation and data analysis for regulatory purposes.

Keywords; Internet of things; air; monitoring; environment; Ubidots.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es un factor de gran importancia que debe ser monitoreado en tiempo real en las ciudades modernas. En Ecuador, los parámetros de calidad del aire se establecen a través de normativas que garantizan niveles adecuados para el bienestar de la población y la protección de la salud humana. Según el Ministerio de Ambiente de Ecuador, la contaminación atmosférica es uno de los problemas que más preocupa a los ciudadanos ecuatorianos [1]. En este sentido, uno de los objetivos del Gobierno Nacional de Ecuador es mejorar la calidad del aire con diferentes estrategias y valores establecidos por las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para ello se aplican regulaciones que se rigen a partir de la “Ley de Gestión Ambiental” y el Control de la Contaminación Ambiental [2].

El monitoreo del aire muestra un resultado de los procedimientos que se realiza para tomar muestra y análisis de los contaminantes atmosférico. Para monitorear la calidad del aire se utilizan sensores, dispositivos electrónicos y sistemas de información que procesan y convierten los datos en información relevante [3]. Estos sistemas tienen como objetivo vigilar los niveles de las condiciones atmosféricas y ambientales (i.e., monóxido de carbono, ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, material particulado [4]). Así, se puede considerar una infraestructura de monitoreo del nivel de monóxido de carbono (CO₂) en una ciudad como un sistema de este tipo [1]. Para lograrlo, se pueden emplear tecnologías de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), que son típicas de las ciudades desarrolladas. Sin embargo, en muchas ciudades de países en vías de desarrollo, estos sistemas no están disponibles o su uso es incipiente.

En este contexto, esta investigación se contextualiza geográficamente en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador y plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera se pueden emplear las tecnologías de IoT de bajo costo para implementar sistemas de monitoreo de la contaminación ambiental del aire? Además, se busca explorar cómo se puede integrar la computación en la nube e IoT para crear un sistema confiable y efectivo de monitoreo de la calidad del aire que se adapte a la realidad y necesidades de la ciudad de Esmeraldas.

Con el objetivo de promover el desarrollo y contribuir a la regulación adecuada de las emisiones de contaminantes en la atmósfera, esta investigación propone el desarrollo de un prototipo electrónico de bajo costo basado en IoT para el monitoreo de parámetros ambientales. A partir de dicho prototipo se plantea el uso de datos para la toma de decisiones en el ámbito ambiental de manera que a futuro se puedan plantear políticas públicas que mitiguen los efectos del cambio climático. Además, se busca la integración de una aplicación basada en IoT con una interfaz gráfica que destaque el uso de widgets y brinde información concisa y en tiempo real para la toma de decisiones sobre la calidad del aire. Los resultados obtenidos podrán ser utilizados como un portal educativo e informativo que brinde la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas (PUCESE) —una de las más reconocidas instituciones de educación superior localizada en la provincia de Esmeraldas y en varios de sus cantones.

Este artículo está compuesto de 5 secciones, en la sección 2 se describen los trabajos relacionados con el estudio, esto es, investigaciones en las que se han planteado sistemas de monitoreo ambiental usando Internet de las Cosas. La sección 3 presenta los aspectos metodológicos de la investigación y los materiales empleados para el desarrollo de un prototipo de nodos IoT para medir datos de contaminación del aire. En la sección 4 se describe el prototipo de sistema de monitoreo desarrollado y en la sección 5 se detallan los resultados obtenidos por dicho sistema. Asimismo, se presentan los resultados de una prueba de usabilidad aplicada al prototipo creado. Por último, la sección 6 describe las conclusiones y los trabajos futuros.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

El primer estudio de investigación planteado por Ullo, Sinha [5] titula “*Advances in Smart Environment Monitoring Systems Using IoT and Sensors*”. Este estudio tiene como objetivo realizar una revisión crítica de contribuciones notables y estudios de investigación sobre vigilancia inteligente del entorno, que involucran el monitoreo de la calidad del aire, la calidad del agua, la contaminación por radiación y los sistemas agrícolas. La revisión se divide sobre la base de los propósitos donde se aplican los métodos de vigilancia inteligente del entorno, y luego cada propósito se analiza más a fondo en términos de los sensores utilizados, las técnicas de aprendizaje automático involucradas, y métodos de clasificación utilizados. Los autores han estudiado críticamente los avances en la tecnología de sensores, los métodos de IoT y aprendizaje automático, que hacen de la monitorización del entorno un sistema verdaderamente inteligente.

Una segunda investigación, titulada “*Desarrollo una red de sensores que permita la monitorización de los niveles de contaminación mediante tecnología LPWAN*”, realizada por Tacuri y Wellington [6], plantea una red de sensores compuesta por dos nodos de monitorización. En el estudio se emplearon dos metodologías distintas para la obtención de datos, la primera es un muestreo activo y la segunda es un muestreo pasivo. Dichos muestreos definen los contaminantes a monitorizar donde comprenden tres contaminantes fundamentales como son: dióxido de carbono, monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno. El diseño de la red de sensores es capaz de integrarse con una red SigFox y el muestreador pasivo es capaz de generar coeficientes de correlación de Pearson nulo y débil en las medidas obtenidas. Esto sugiere que las

variables están poco relacionadas entre sí. Los datos recolectados por la red se presentan a través de una aplicación móvil y una página web. En estas aplicaciones se muestran las emisiones en partes por millón (ppm) de los gases contaminantes considerados en el estudio que ya se mencionaron previamente.

La tercera investigación propuesta por Kafli y Khalid [7], titula “*Internet of Things (IoT) for Measuring and Monitoring Sensors Data of Water Surface Platform*”. Esta investigación se enfoca en estudiar la precisión de mediciones al tomar datos para el monitoreo del aire y el agua. El desarrollo de esta investigación tiene como objetivo crear sistemas más inteligentes y eficientes para monitorear el medio ambiente en Malasia. Para la creación de los nodos de la red se utiliza un microcontrolador ARM (LPC 1768) donde se conectan varios sensores. Entre estos sensores figuran los siguientes: sensor de temperatura y humedad, sensor de monóxido de carbono, sensor de pH y sensor de nivel de agua para la advertencia de inundación. Los datos obtenidos por los sensores son enviados a la nube y pueden ser accedidos por los usuarios en tiempo real desde un teléfono móvil u ordenador personal.

El cuarto estudio publicado por Lu Ling, Cai Lecai, Gao Xiang [8] titula “*Sistema inteligente de detección y purificación de la calidad del aire interior basado en el Internet de las Cosas*”. Esta investigación tiene como propósito diseñar un sistema inteligente de detección de la calidad del aire. El sistema adopta la tecnología de IoT para que los usuarios puedan controlar el trabajo del sistema inteligente a través de teléfonos móviles u ordenador personal en cualquier momento y en cualquier lugar; al mismo tiempo. Indirectamente resuelve el problema de los largos tiempos de purificación cuando el purificador de aire está encendido. Los purificadores de aire tradicionales usan generalmente varios indicadores de diferentes colores para mostrar cualitativamente la calidad del aire actual. La interfaz de visualización del sistema en este documento puede mostrar las condiciones actuales del aire ambiente en tiempo real, lo que facilita la recopilación y el análisis de datos ambientales. El diseño de este artículo mejora en gran medida la experiencia del usuario y el sistema propuesto puede ser utilizado en la industria de los purificadores de aire.

La quinta investigación efectuada por Li, Zhao, Jin [9] titula “*Internet de las cosas: dispositivos inteligentes en red para vigilar el ecosistema*”. El trabajo presenta las técnicas de IoT para establecer un prototipo de sistema de monitoreo de ecosistemas mediante el desarrollo de dispositivos inteligentes innovadores y el uso de tecnologías IoT para el monitoreo de ecosistemas en lugares aislados. Este sistema puede capturar la dinámica espacial y temporal a múltiples escalas de variables y flujos clave del ecosistema, ofreciendo así servicios de información efectivos, confiables y representativos a las partes interesadas. Los avances en el monitoreo de ecosistemas IoT incluyen nuevos registradores de datos y tecnología de red de sensores inalámbricos de larga distancia que admite la transmisión rápida de datos desde los dispositivos a redes inalámbricas. La aplicabilidad de IoT de monitoreo de ecosistemas se verifica en tres ecosistemas frágiles, que incluyen un área de desertificación rocosa kárstica, el Parque Nacional de los Tigres de Amur y el ecotono desierto-oasis en China.

Finalmente, el sexto estudio publicado por Sathiri [10] titula “*Red inalámbrica de sensores a través de 6LoWPAN para una agricultura de precisión*”. Este estudio es realizado en el sector agrícola de la ciudad de Ibarra donde se ha observado una escasez de agua de riego para la producción debido a los cambios climáticos que en la actualidad se presentan. Es por tal razón, que la investigación tiene como objetivo implementar un sistema tecnológico de optimización del uso de agua para mejorar el rendimiento de los cultivos. El sistema es una red inalámbrica de sensores que trabaja con el estándar 6LoWPAN, permitiendo monitorear las variables aplicadas a la agricultura de precisión como: humedad relativa, temperatura, humedad de suelo, luz y lluvia. Esta red envía las mediciones recolectadas a una aplicación llamada estación-servidor para ser almacenadas en una base de datos. Posteriormente, la medición actual y el historial de los cultivos son visualizados de forma gráfica por medio de una página web [10].

III. METODOLOGÍA

En este proyecto se desarrolló un sistema de monitoreo en de parámetros meteorológicos y contaminación del aire usando tecnologías de IoT. La plataforma se desplegó en el sector sur de la ciudad de Esmeraldas con el fin de obtener datos reales del contexto de los barrios de la ciudad, sitio que concentra varias de las industrias potencial de contaminación atmosférica. Específicamente se monitoreó dos puntos, un nodo se instaló en la PUCESE y otro en el Barrio Codesa, localizado al sur de la ciudad.

De acuerdo con la naturaleza de los datos y la información extraída en este estudio, la investigación siguió el enfoque mixto ya que combinó el enfoque cualitativo y cuantitativo. La investigación cualitativa se aplicó con el objetivo de comprender el alcance de las tecnologías de IoT en término de procesos de monitoreo de calidad del aire. Asimismo, se empleó este enfoque para identificar cuáles son los principales parámetros de contaminación del aire y su impacto según las normativas de calidad del aire de Ecuador. Por otro lado, la investigación cuantitativa se aplicó con el fin de cuantificar los datos recogidos por los sensores usados en el prototipo de IoT para medir algunos de los parámetros de contaminación del aire, esto es, temperatura, humedad, presión, material particulado y densidad de polvo). Como método de investigación se empleó el método experimental. A partir de este método fue posible llevar a cabo mediciones de los parámetros de contaminación del aire antes especificadas a través del prototipo de nodo compatible con IoT.

Para obtener datos de la investigación se utilizaron tres técnicas: entrevista, observación científica y experimento, utilizando un cuestionario, una ficha de observación y un cuestionario de usabilidad, respectivamente. En la primera técnica, se entrevistó a un experto en gestión ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas (PUCESE), para obtener información sobre parámetros ambientales, impactos ambientales y centros meteorológicos en diferentes áreas de Esmeraldas. Esta entrevista, realizada en junio de 2022, tenía como objetivo establecer el método adecuado para llevar a cabo el monitoreo de la calidad del aire basado en el internet de las cosas. En segundo lugar, se llevó a cabo la observación científica entre enero y febrero de 2023, con el propósito de recopilar datos para el desarrollo de un prototipo de nodo de monitoreo y su interfaz gráfica en una plataforma web orientada a los usuarios. Para el desarrollo del sistema se aplicó la metodología Scrum.

IV. PROTOTIPO

En esta sección se describen los aspectos más importantes relacionados con el análisis, diseño y creación del prototipo de los nodos de monitoreo del sistema, así como su integración en una red de monitoreo continuo.

A. Análisis de requerimientos

El sistema de monitoreo de parámetros ambientales tiene dos participantes principales: el administrador y el usuario. El administrador tiene funciones como administrar dispositivos, gestionar usuarios, analizar y visualizar datos, y configurar alertas. Por otro lado, el usuario de monitoreo puede ver en tiempo real los datos generados por los dispositivos IoT, recibir alertas y acceder a tableros de control para análisis y consultas. En la Figura 1 se muestran estas acciones en el contexto del sistema de monitoreo.

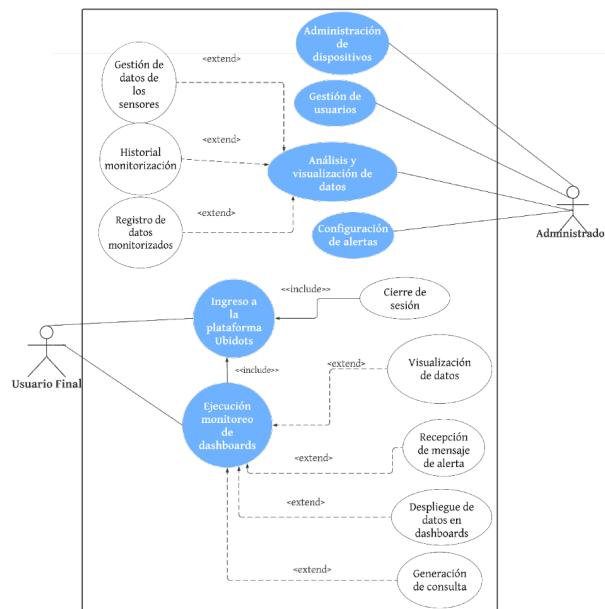


Figura 1. Caso de uso interacción del usuario con el sistema de monitoreo de la plataforma Ubidots.

B. Arquitectura propuesta

El sistema de monitoreo planteado se basa en una arquitectura de 3 capas. La primera capa se refiere a los dispositivos de medición, la segunda capa se enfoca en la conectividad a la nube y la última capa se encarga de la visualización de datos en una plataforma IoT. En la Figura 2 se muestra la arquitectura lógica propuesta para el sistema de monitoreo.

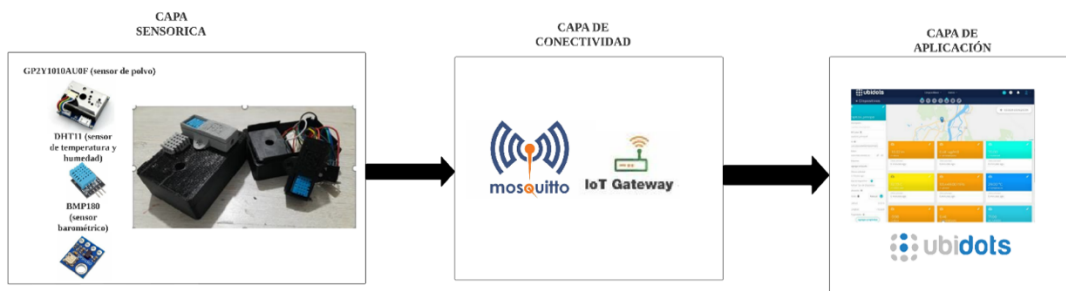


Figura 2. Arquitectura del sistema propuesto.

De manera más específica, en la capa de sensores, se realizan las mediciones de parámetros ambientales como temperatura, humedad, densidad del polvo, presión y material particulado (pm) utilizando sensores. Estos sensores están conectados a un microcontrolador que transmite los datos a la nube. En la capa de conectividad, los datos de los sensores se envían a la nube a través de una conexión inalámbrica Wi-Fi utilizando el protocolo de comunicación MQTT. Una vez recibidos los datos en la nube, éstos son procesados y almacenados en una plataforma IoT que permite visualizar, analizar y controlar los datos de dispositivos IoT en tiempo real. Por último, en la capa de aplicación, se utiliza la plataforma Ubidots para la visualización de los datos. Esta plataforma ofrece una interfaz web con cuadros de mando (*dashboards*) personalizados para acceder y visualizar los datos por parte de los usuarios.

C. Prototipado

El sistema propuesto ha involucrado dos tipos de nodos IoT, específicamente nodos sensores y gateway. En lo referente al nodo sensor, llamado también nodo final de la red, éste se encarga de coordinar los mecanismos que se requieren para leer los datos de los sensores con un intervalo de espera de cinco segundos. Posteriormente, los datos leídos se transmiten a través del gateway para su procesamiento y almacenamiento. Un diagrama de flujo del proceso seguido por este nodo se muestra en la Figura 3.

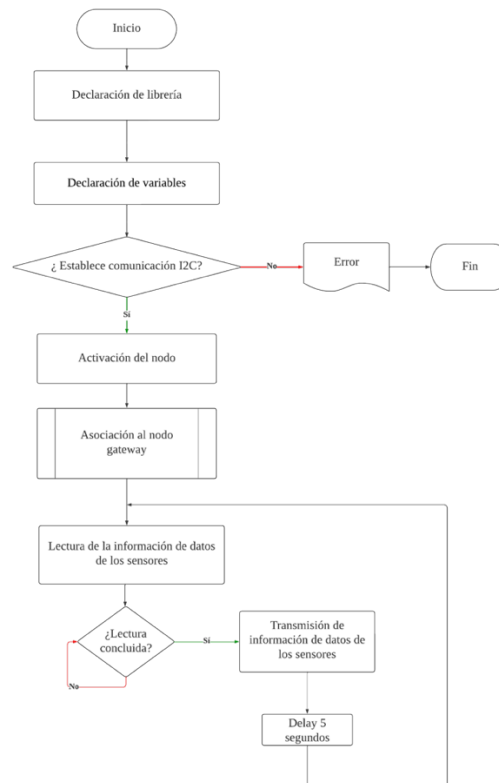


Figura 3. Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo sensor de la red de monitoreo.

Para la creación de los nodos sensores de la red se empleó el microcontrolador ESP8266. En este microcontrolador se conectaron los siguientes sensores: DHT11 para medir temperatura y humedad desde el pin digital 1 (D1), el sensor BMP280 para medir altitud y presión atmosférica desde el pin digital 2 (D2) y el sensor GP2Y1010AUOF para medir la densidad del polvo desde el pin digital 5 (D5). Todos los sensores trabajaron con voltaje (VCC) de 3.3 V. Un esquema del circuito y de los nodos finales se muestra en la Figura 4.

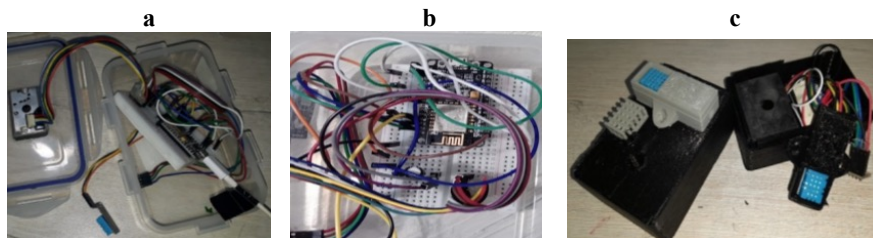


Figura 4. Conexiones de los sensores DHT11, BMP280 y GP2Y1010AUOF en el microcontrolador ESP8266 que implementa el nodo sensor (a, b) y prototipo (c) de los nodos sensores de la red de IoT.

Por otro lado, en lo concerniente al nodo gateway, éste actúa como un intermediario entre los nodos finales e Internet. La Figura 5 presenta las principales acciones que este nodo desempeña en la red y muestra también la forma de cómo se enrutan los datos desde el nodo sensor hasta la nube usando el protocolo MQTT. Una vez realizada dicha configuración se establece la comunicación del nodo sensor y la conectividad con el servidor de Internet para receptor los datos en la nube IoT. Finalmente, se procede con el envío de los datos a la plataforma IoT (Ubidots en este caso particular).

Ubidots como plataforma IoT permite la conexión, gestión y análisis de los sensores IoT. Para implementar la capa de aplicación en la plataforma IoT Ubidots se crearon dispositivos y se enlazaron los datos medidos por los sensores conectados al microcontrolador del nodo final. En la Figura 6 se puede observar el flujo simplificado que describe las principales acciones que se implementaron en Ubidots. El resultado final proveído por la plataforma fue un *dashboard* a partir del cual los usuarios pueden monitorear los datos leídos por el nodo final a través de sus sensores conectados

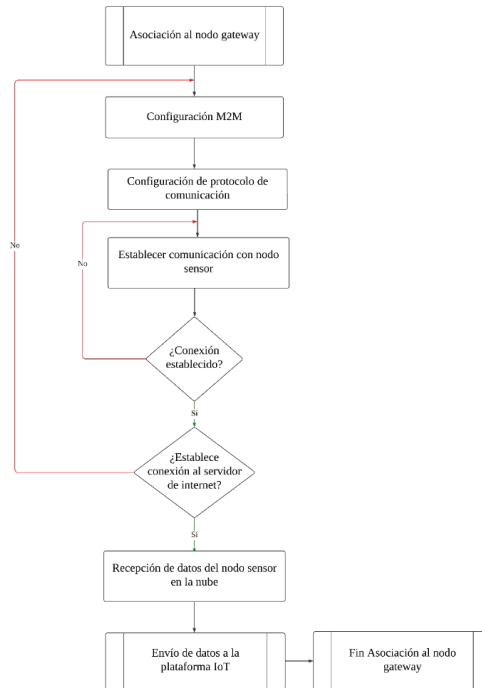


Figura 5. Diagrama de flujo del funcionamiento del nodo gateway de la red de IoT.

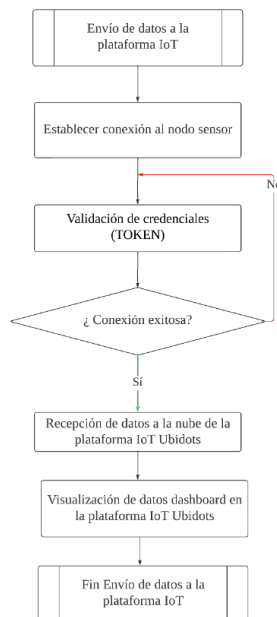


Figura 6. Diagrama de flujo del funcionamiento de la plataforma Ubidots en el contexto del sistema propuesto.

V. RESULTS

A. Calidad de los datos

Para validar el funcionamiento del prototipo se llevó a cabo una prueba de monitoreo de parámetros meteorológicos y calidad del aire en la zona sur de la ciudad de Esmeraldas, utilizando un prototipo con dos sensores ubicados en la PUCESE y Codesa. Los resultados (Figura 7) mostraron que la temperatura promedio osciló entre 27 y 29 grados centígrados durante los meses de febrero y marzo.

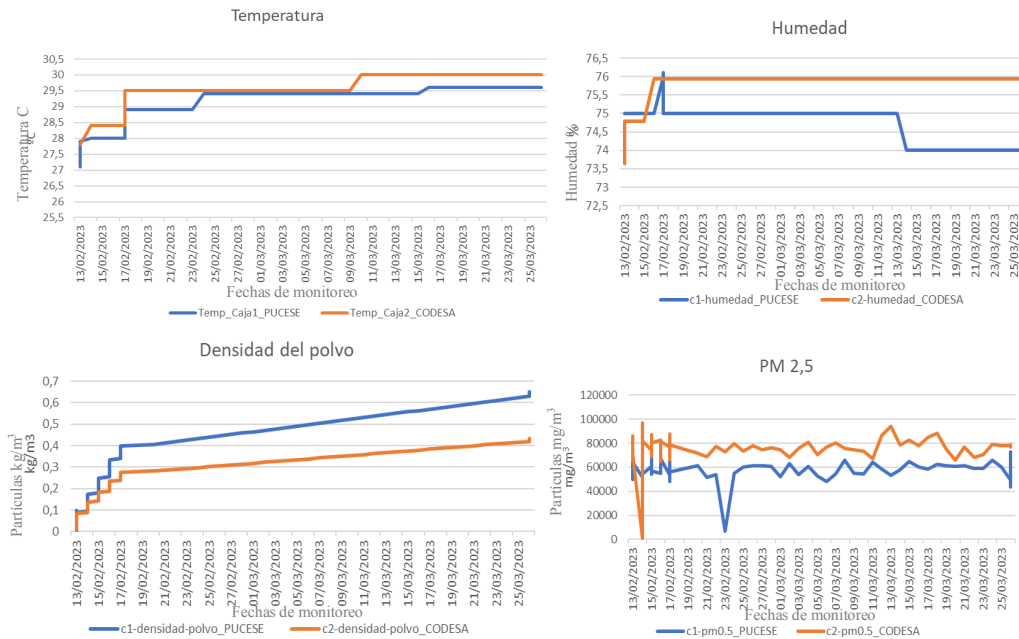


Figura 7. Datos de temperatura, humedad, densidad de polvo y PM 2.5 medidos por el sistema.

En cuanto a la humedad relativa, el sensor ubicado en la PUCESE registró un promedio del 74%, mientras que el sensor en el sector CODESA mostró un promedio del 90%. Para la densidad del polvo, el sensor 1 tuvo un promedio de 0.029 kg/m^3 , mientras que el sensor 2 registró un promedio de 0.223 kg/m^3 . En cuanto al material particulado de 2.5 pm, el sensor 1 tuvo un promedio de 6084216 mg/m^3 y el sensor 2 registró un promedio de 7756230 mg/m^3 . Los sensores barométricos mostraron promedios de presión de 10383893 hPa y 10383088 hPa para los sensores 1 y 2, respectivamente. Estos resultados proporcionan información relevante sobre las condiciones ambientales en la zona de estudio y son fundamentales para evaluar la calidad del aire.

B. Evaluación de usabilidad del sistema

Se llevó a cabo una evaluación de usabilidad del prototipo y la plataforma web IoT Ubidots. Participaron 14 estudiantes de tecnología de la información de la PUCESE. Utilizando la herramienta UXtweak, se evaluó el uso del prototipo para el envío de datos a la plataforma Ubidots IoT. Se utilizó una encuesta de usabilidad basada en una escala de calificación del 1 al 10. Los resultados se presentan en la Figura 8.

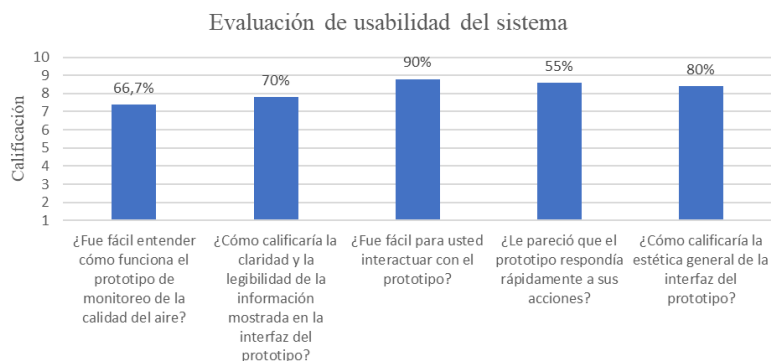


Figura 8. Resultados de la evaluación de la usabilidad del prototipo desarrollado.

Se evaluó la usabilidad del prototipo y la plataforma Ubidots IoT mediante una encuesta realizada a estudiantes de la PUCESE. Los resultados indicaron que algunos estudiantes encontraron dificultades con ciertos sensores del prototipo, sugirieron la necesidad de más información en el dashboard de Ubidots, pero en general encontraron el prototipo fácil de usar y el tiempo de visualización de datos en la plataforma fue rápido. Estos resultados resaltan la importancia de garantizar que el sistema de monitoreo de calidad del aire sea fácil, eficiente y efectivo para los usuarios.

VI. CONCLUSIONES

Esta investigación ha demostrado la viabilidad y el potencial del uso del Internet de las Cosas (IoT) como una solución eficiente para la adquisición automática de datos ambientales y de calidad del aire. A través de la revisión bibliográfica, se ha recopilado información precisa en tiempo real sobre diferentes variables ambientales (temperatura, humedad, densidad del polvo, pm 2.5 y presión) y sensores IoT, lo que permite un monitoreo continuo. Los resultados obtenidos muestran que los sensores IoT de bajo costo (DHT11, BMP280, GP2Y1010AUOF) pueden desempeñar un papel fundamental en la recopilación de datos ambientales, ofreciendo una solución escalable y rentable para medir la calidad del aire y otros parámetros relevantes. Por este motivo, la implementación de los dos nodos sensores se realizó en diferentes ubicaciones geográficas para el análisis y la comparación de datos. Además, la implementación de la plataforma web Ubidots permitió la transmisión y el almacenamiento eficiente de los datos recopilados, lo que facilita su acceso y análisis posterior. La capacidad de recopilar y procesar grandes cantidades de información en tiempo real ha permitido la identificación temprana de problemas ambientales y la toma de decisiones informadas.

Se evaluó el prototipo y el monitoreo de los datos basados en diferentes marcos de usabilidad. El 75% de los estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas de 7mo y 8vo nivel de la carrera de Tecnología de la Información que realizaron la prueba de usabilidad determinó lo siguiente: fácil manejo del prototipo, claridad y legibilidad de la información presentada a través del panel de control de la plataforma Ubidots IoT.

En conclusión, el Internet de las Cosas ha demostrado ser una herramienta poderosa en la adquisición automática de datos ambientales y de calidad del aire. Su capacidad para recopilar, transmitir y analizar información en tiempo real proporciona una base sólida para el monitoreo y la gestión ambiental efectiva. Con una selección adecuada de sensores, un diseño de infraestructura robusto y la implementación de una plataforma IoT, puede desempeñar un papel crucial en la protección y preservación del medio ambiente para las generaciones futuras.

VII. REFERENCIAS

- [1] L. C. Tagliabue, F. Re Cecconi, S. Rinaldi, and A. L. C. Ciribini, "Data driven indoor air quality prediction in educational facilities based on IoT network," *Energy Build.*, vol. 236, p. 110782, 2021.
- [2] Reglamento al Código Orgánico del Ambiente [RCOA], "Ley de planificación del desarrollo y ordenamiento territorial," *Regist. Of. Supl.* 507, no. 752, pp. 1–192, 2019.
- [3] C. C. González Manrique, C. M. Rodríguez Chisco, and others, "Prototipo IoT para la medición de la polución atmosférica en la Universidad Católica de Colombia," 2020.
- [4] D. Petersen, "El aire que respiramos," *EL Inf.*, p. 1, 2019.
- [5] S. L. Ullo and G. R. Sinha, "Advances in smart environment monitoring systems using iot and sensors," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 11, 2020.
- [6] R. Tacuri and G. Wellington, "Desarrollo una red de sensores que permita la monitorización de los niveles de contaminación mediante tecnología LPWAN," vol. 2507, no. February, pp. 1–9, 2020.
- [7] N. Kafil and I. Khalid, "Internet of Things (IoT) for Measuring and Monitoring Sensors Data of Water Surface Platform," *2017 IEEE 7th Int. Conf. Underw. Syst. Technol. Theory Appl.*, 2017.
- [8] L. S. Lu Ling, Cai Lecai, Gao Xiang, "Sistema inteligente de detección y purificación de la calidad del aire interior basado en el Internet de las Cosas," *Sichuan Univ. Sci. Eng.*, vol. 31, 2018.
- [9] X. Li *et al.*, "Internet of Things to network smart devices for ecosystem monitoring," *Sci. Bull.*, vol. 64, no. 17, pp. 1234–1245, 2019.
- [10] E. A. Maya Olalla and G. X. Chafra Altamirano, "Red inalámbrica de sensores a través de 6LoWPAN para una agricultura de precisión," *Sathiri*, no. 6, p. 22, 2018.

Optimización del flujo vehicular aplicando algoritmos genéticos

Simulación en un tramo del centro histórico de San Salvador, El Salvador

Optimization of vehicle flow by applying genetic algorithms

Simulation in a section of the historic center of San Salvador, El Salvador

Franklin Iván Argueta Bermúdez, James Edward Humberstone Morales

Universidad Francisco Gavidia, El Salvador

fargueta@ufg.edu.sv, jhumberstone@ufg.edu.sv

Resumen — La movilidad es uno de los principales problemas que aqueja a los habitantes de San Salvador, El Salvador. El Centro Histórico de la ciudad tiene una afluencia vehicular enorme porque contiene varios establecimientos de comercio, centros de trabajo y de estudio; y además sirve de pasarela para incorporarse a varias de las carreteras principales. Por tanto, simulamos un patrón de tráfico en un tramo de la red vial y realizamos una aplicación de algoritmos genéticos con el objetivo de obtener los intervalos de tiempo óptimos para los semáforos de dicha red con la finalidad de descongestionar las vías y maximizar el flujo vehicular.

Palabras clave; *algoritmos genéticos; simulación; flujo vehicular.*

Abstract — Mobility is one of the main problems affecting the citizens of San Salvador, El Salvador. The Historic Center of the city has an enormous vehicular affluence because it contains several commercial establishments, work and study centers; and it also serves as a gateway to join several of the main roads. Therefore, we simulated a traffic pattern in a section of the road network and applied genetic algorithms to obtain the optimal time intervals for the traffic lights of this network in order to decongest the roads and maximize the vehicular flow.

Keywords; *genetic algorithms; simulation; vehicle flow*

I. INTRODUCCIÓN

El departamento de San Salvador (SS), El Salvador; tiene una extensión de 886.1 Km² y una densidad poblacional de 1,768.6 hab./Km² [1]. San Salvador tiene 467.3 Km de carretera [2] y un parque vehicular de 545,591 [3], además, concentra la mayor cantidad de centros de trabajo y de estudio por lo que la cantidad de vehículos que circulan superan el número del padrón.

Uno de los problemas que enfrentan los ciudadanos del departamento es el tiempo que gastan en el tráfico vehicular para movilizarse de su casa al trabajo o centro de estudio. El factor de utilización de las vías es tan alto que cualquier obstáculo genera un embotellamiento. Por ejemplo, una parada ilegal del transporte colectivo puede generar una cola de 6 vehículos después de 14 segundos dentro de un tramo de 100 metros de calle [4].

La jefatura de la Unidad de Movilidad Sostenible de la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS), comunicó en una entrevista que en promedio se realizan 2 millones de viajes en el departamento al día y entre los tramos más congestionados se encuentra el Centro Histórico de San Salvador [5].

El Centro Histórico de San Salvador fue construido en forma de damero [6] y tiene una afluencia vehicular enorme porque contiene varios establecimientos de comercio, centros de trabajo y de estudio; y además sirve de pasarela para incorporarse a varias de las carreteras principales. Según el Diario de Hoy la velocidad promedio dentro del Centro Histórico es de 15 Km/h debido al congestionamiento vehicular [7]. Los semáforos instalados actualmente son basados en intervalos de tiempo predeterminado y no toman en cuenta las condiciones del tráfico en tiempo real.

Los algoritmos genéticos son técnicas metaheurísticas que se aplican para encontrar soluciones óptimas a problemas de maximización y minimización de diferentes áreas de estudio. Respecto al tráfico vehicular es común aplicar algoritmos genéticos para encontrar la ruta más eficiente entre dos lugares [8] o estimar el flujo vehicular en una red vial [9]. Medina, utilizó una aplicación de algoritmos genéticos para minimizar el tiempo de demora en un corredor vial [10]. Nosotros nos preguntamos, si se conoce el patrón del tráfico vehicular es posible obtener los intervalos de tiempo óptimos que deberían tener estos semáforos con la finalidad maximizar el flujo vehicular.

II. OBJETIVO

Simular el patrón de tráfico vehicular para obtener los ciclos de una red de semáforos por medio de una aplicación de algoritmos genéticos para maximizar el flujo vehicular.

III. METODOLOGÍA

Utilizando el lenguaje de programación Python versión 3.10.12 y el entorno de desarrollo integrado Google Colab, se codificó un simulador de tráfico vehicular para una red de cuatro vías con cuatro intersecciones que representa un tramo real de la infraestructura vial del Centro Histórico de San Salvador, la Fig. 1 muestra la red vial a simular, y la tabla 1 las librerías utilizadas para la codificación. Luego se definió un patrón de tráfico inicial y por medio de un algoritmo genético se determinó la secuencia óptima de los ciclos para los semáforos de cada intersección y así maximizar el flujo vehicular.

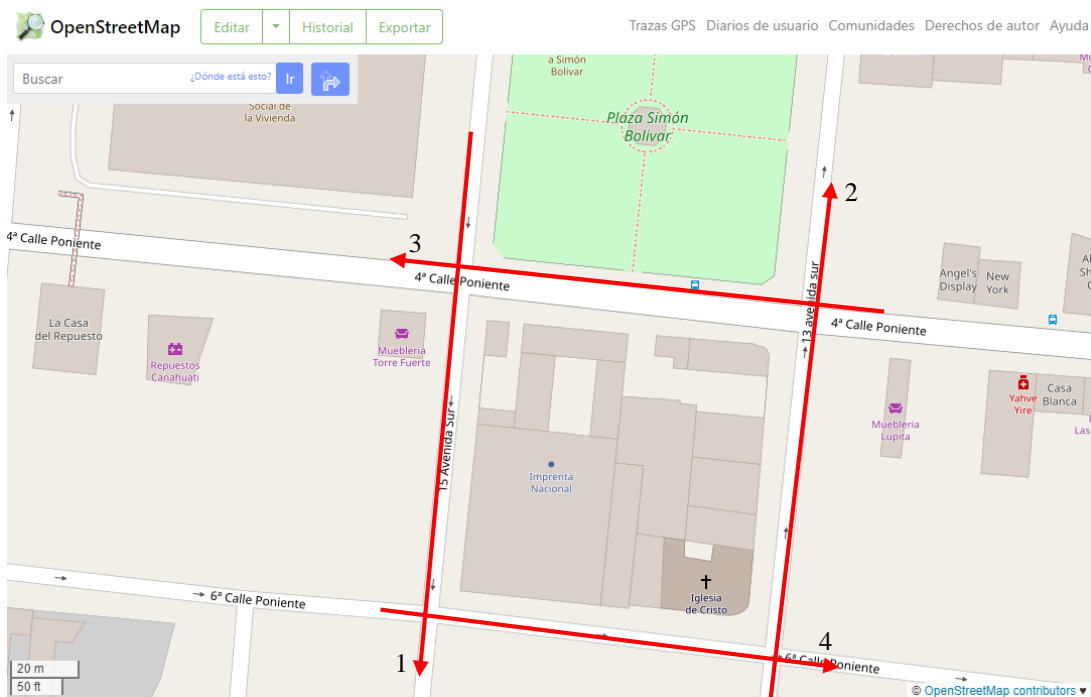


Figura 1: Tramo de red vial seleccionada. Las flechas indican el sentido de las vías y en cada intersección hay dos semáforos. Los números son el identificador de la vía en la solución.

TABLA I: LIBRERÍAS UTILIZADAS PARA EL DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

Librería	Uso
matplotlib.pyplot	Graficar los resultados.
numpy	Simular la población y los individuos. Es decir, crear las soluciones (estados de semáforos) y evaluar su rendimiento en cada generación.
copy	Simular el recorrido de los vehículos y los estados de los semáforos.
random	Generación de números aleatorios de una distribución uniforme para las operaciones de cruce y mutación

A. Marco de trabajo

Cada semáforo puede tomar uno de los siguientes estados: verde efectivo (1) o rojo efectivo (0), la duración de cada estado es de 10 segundos y en un lapso de dos minutos cada semáforo tiene 12 estados. Por

tanto, si multiplicamos el número de estados del semáforo (12) por el número de intersecciones de nuestra red vial (4) obtenemos la secuencia de estados (48) que representa la codificación genética de un individuo, tal como se muestra en la Fig. 2. En la terminología de Algoritmos Genéticos un individuo representa una solución y una población representa un conjunto de soluciones a evaluar.

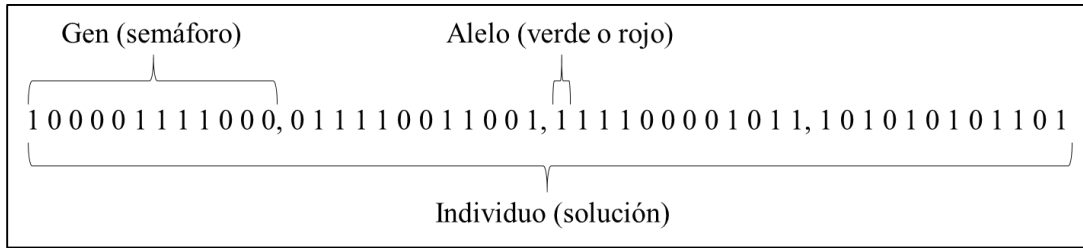


Figura 2: Estructura de un individuo para la aplicación. El individuo está formado por la secuencia de estado para cada semáforo de la red vial.

Para la simulación se creó una población (P) de cien individuos. Es decir, una matriz de 100 filas con 48 columnas. La ecuación 1 denota a la población:

$$P = (a_{ij})_{100 \times 48} \quad (1)$$

Donde a_{ij} representa el estado j del individuo i . Cada individuo debe cumplir el conjunto de restricciones denotadas por la siguiente ecuación:

$$R(\{a_{ij}\}) = \begin{cases} 1, & \text{verde} \\ 0, & \text{rojo} \end{cases} \quad (2)$$

Debido a que se busca obtener la secuencia óptima de estados de semáforo, la función fitness es la que permita evaluar la relación entre el número de vehículos que logran salir de la red vial con respecto al total de vehículos que ingresaron en el tiempo estipulado, esta relación supone el índice de la secuencia óptima de semáforos, la cual denotaremos por $F(\{a_i\})$. La ecuación 3 muestra la forma de calcularlo.

$$F(\{a_i\}) = \frac{M[P_i]}{T[P]} \quad (3)$$

Donde $M[P_i]$ es la máxima cantidad de vehículos que salieron de la red vial en el tiempo estipulado y $T[P]$ el total de vehículos que ingresaron.

Finalmente, la función objetivo denotada por $O(\{a_i\})$; recibe la configuración asignada a los semáforos de cada solución, el índice de la secuencia óptima de semáforos y las restricciones necesarias para maximizarla. La ecuación 4 expresa dicha función.

$$O(\{a_i\}) = F(\{a_i\}) + R(\{a_{ij}\}) \quad (4)$$

B. Operaciones de selección, cruce y mutación

Para simular el operador artificial de selección natural, en cada generación se seleccionó las soluciones que tienen mejor fitness y que maximizan la función objetivo; tomando en cuenta la probabilidad de cruce (0.8) y la probabilidad de mutación (0.2). De manera simultánea se realizaron las tres operaciones.

La operación de cruce se produjo cuando el número aleatorio generado de una distribución uniforme estaba por debajo de la probabilidad de cruce, los padres seleccionados transfirieron el número de genes en el punto seleccionado, ver Fig. 4. Luego, si el segundo número aleatorio generado estaba por encima de la probabilidad de mutación se realizó un pequeño cambio en una posición del individuo, tal como se aprecia en la Fig. 3.

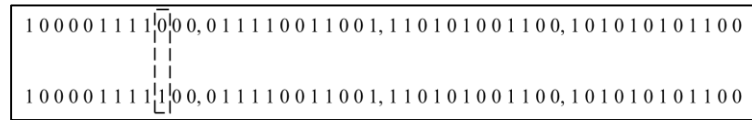


Figura 3: Operación de mutación.

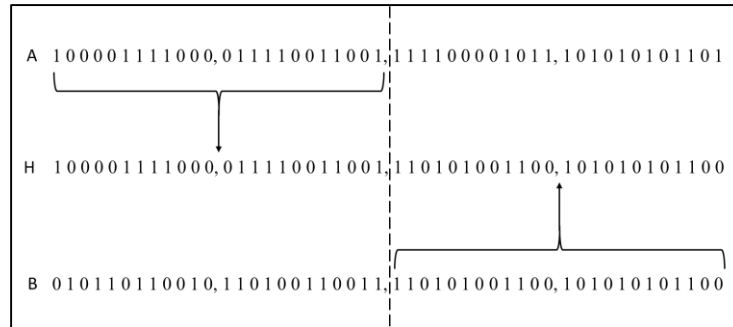


Figura 4: Operación de cruce. En el punto seleccionado cada padre (solución A y B) transfieren sus genes al hijo (solución H)

La Fig. 5 muestra el flujograma de la simulación. La simulación inició con una población inicial de cien individuos, luego se utilizó la función fitness para evaluar su índice de la secuencia óptima de los semáforos. En la primera generación tanto el límite de convergencia como el número máximo de generaciones no se cumplieron, por tanto, se seleccionó los cincuenta individuos con mejor rendimiento en la función fitness para que fueran los progenitores de la siguiente generación. Posteriormente, se realizó las operaciones de cruce y mutación; cada par de progenitores generó dos nuevas soluciones que formaron parte de la nueva población. Cuando la nueva generación alcanzó cien individuos, reemplazó a la población anterior y este proceso se repitió hasta que se alcanzó el número máximo de generaciones.

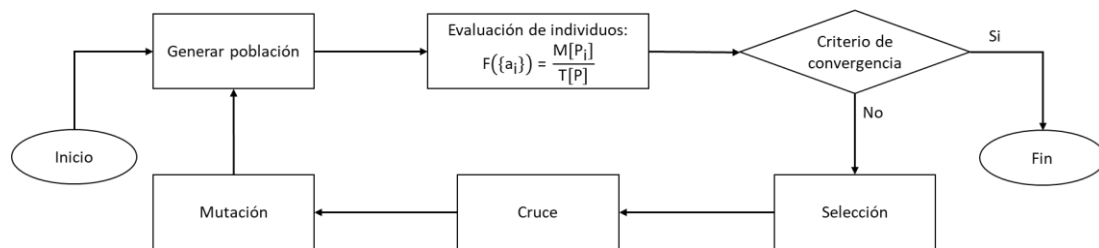


Figura 5: Flujograma de la simulación.

C. Condiciones Iniciales

Para las condiciones iniciales se diseñó un patrón de tráfico en el cual cuatro vehículos ingresaron a la red vial, uno en cada sentido, cada 5 segundo; en la simulación ingresaron un total de 96 vehículos en 120 segundos que duró la simulación. La tabla 2 resume los parámetros establecidos para la ejecución de esta simulación.

TABLA II: CONDICIONES INICIALES DE LA SIMULACIÓN

Parámetro	Valor
Tiempo de simulación (segundos)	120
Tasa de ingreso en red vial (vehículos/segundo)	4/5
Población inicial	100
Longitud de individuo (genotipo)	48
Probabilidad de operación de cruce	80%
Probabilidad de operación de mutación	20%
Máximo de generaciones	50
Criterio de convergencia	85%

IV. RESULTADOS

El programa finalizó por cumplir el máximo de las generaciones. El resultado de la función fitness fue de 84.375% y la secuencia óptima de semáforos se muestra en la Fig. 6. La Fig. 7 muestra en la parte superior la mejor solución de cada generación y en la parte inferior la cantidad de vehículos que salen de la red vial aplicando dicha solución.

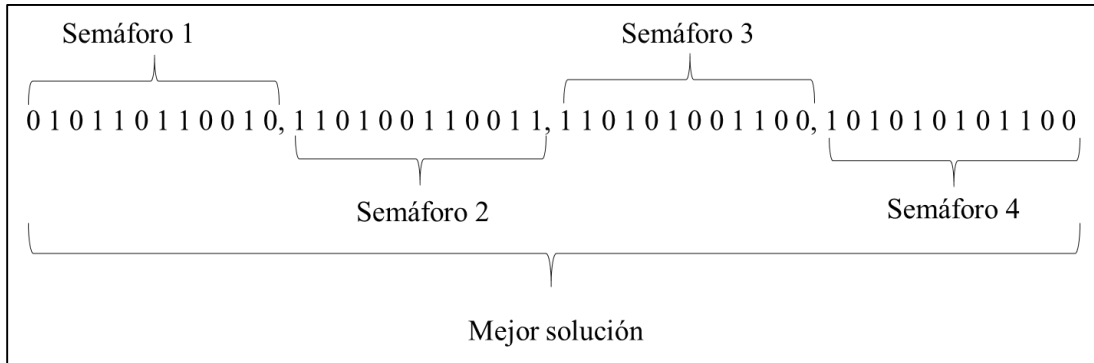


Figura 6: Secuencia óptima de estados para los semáforos de la red vial.

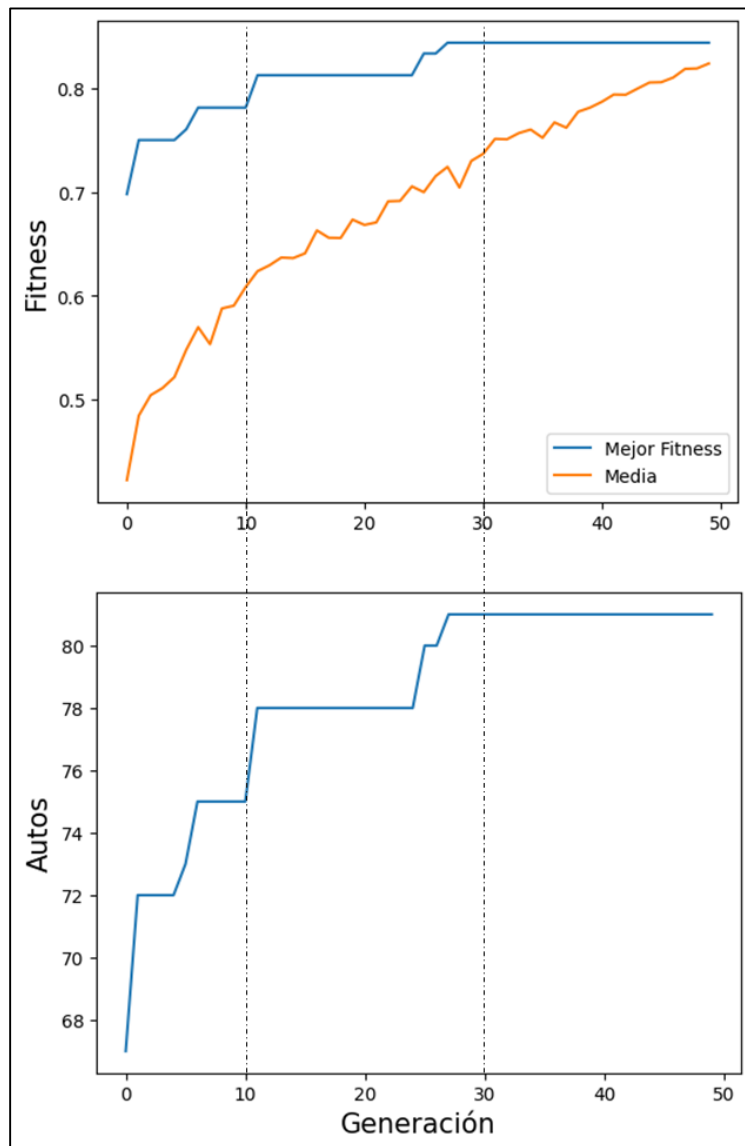


Figura 7: Solución óptima de cada generación versus cantidad de vehículos que salen de la red vial.

V. DISCUSIÓN

Dado un patrón de tráfico vehicular se puede obtener los intervalos de tiempo óptimos para cada semáforo dentro de la red vial que se desea analizar. En este estudio se definió que cada 5 segundos debe ingresar un vehículo en cada vía. La Fig. 6 muestra la solución óptima que se obtuvo en esta investigación.

Para determinar esta solución se aplicó un algoritmo genético a una población inicial de cien soluciones aleatorias y para cada una se realizó el siguiente proceso: 1) se simuló por 120 segundos el patrón de tráfico, 2) se calculó la relación entre el número de vehículos que lograron salir de la red vial con respecto al total de vehículos que ingresaron y 3) se determinó y almacenó la mejor solución, que para la primera generación fue de 0.6974; luego, se verificó que este valor está por debajo del criterio de convergencia y se procedió a seleccionar las 50 mejores soluciones y con ellas se realizó las operaciones de cruce y mutación hasta obtener cien soluciones nuevas para reemplazar las iniciales y volver a realizar el proceso.

El programa finalizó porque se alcanzó el número máximo de generaciones, la solución óptima que se encontró tiene asociado un fitness de 0.84375 que indica que el 84.375% de los vehículos que ingresaron a la red vial salieron, es decir 81 vehículos de 96, tal como se puede apreciar en la Fig. 7. Como el valor fitness de la solución es bastante cercano al criterio de convergencia (0.85), se realizó simulaciones adicionales donde se aumentó progresivamente el número máximo de generaciones hasta llegar a 500 y se observó que el valor fitness se mantuvo y no alcanzó al criterio de convergencia. De hecho, se observa en la Fig. 7 que a partir de la generación 28 el valor de la función fitness converge en 0.84375.

Finalmente, la Fig. 6 muestra la secuencia que debe tener cada semáforo para maximizar el flujo vehicular. Tanto el semáforo 1 como el 2 permitieron que el 87.5% (21/24) de los vehículos que ingresaron por las vías 1 y 2 salieran. Mientras que la secuencia de semáforos 3 permitió que el 83.33% (20/24) saliera y la secuencia de semáforos 4 el 79.16% (19/24).

VI. CONCLUSIONES

El resultado de la simulación sugiere que se puede determinar la secuencia óptima de estados de semáforos al conocer la tasa de ingreso de vehículos en cada una de las vías de la red vial que se está estudiando y de esta manera maximizar el número de vehículos que salen de la red. En esta simulación la estructura del individuo (solución) dependió de tres factores: a) el número intersecciones de la red vial estudiada, b) la duración mínima asignada a un estado de semáforo (rojo efectivo, verde efectivo) y c) el tiempo de simulación de tráfico. Sin embargo, se puede diseñar un patrón de tráfico personalizado según la duración de la simulación, el número de intersecciones, la longitud y el sentido de cada tramo que compone a la red vial.

Como trabajos futuros se realizará simulaciones que tengan un patrón de tráfico variable, se ampliará la red vial a estudiar y se incluirán obstáculos para simular vehículos quedados y/o accidentados, se modificará el programa para que se pueda determinar los tiempos de servicio y de espera asociados a los vehículos que transitan por las vías.

VII. REFERENCIAS

- [1] DIGESTYC, «VI Censo de población y vivienda,» [En línea]. Disponible: https://www.bcr.gob.sv/documental/Inicio/vista/03_Densidad_Poblacional.pdf.
- [2] M. Á. González, «Informe de solicitud No. 120-2022,» Ministerio de Obras Públicas y de Transporte, 2022.
- [3] Viceministerio de Transporte, «Padron de vehículos inscritos,» [En línea]. Disponible: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/vmt/documents/505638/download>.
- [4] Ó. Luna, J. Humberstone y F. Argueta, «Tráfico: El Salvador al borde del colapso,» 2 Diciembre 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.disruptiva.media/trafico-san-salvador-al-borde-del-colapso-experimento-1-100-metros-en-el-bulevar-los-heroes/>.
- [5] Ó. Luna y S. Joma, «En cuestiones de tráfico: no estamos tan lejos de una situación como en Guatemala,» 8 Marzo 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.disruptiva.media/en-cuestiones-de-trafico-no-estamos-tan-lejos-de-una-situacion-como-en-guatemala-amilcar-martinez-jefe-de-la-unidad-de-movilidad-sostenible-opamss/>.
- [6] Ó. Luna y S. Joma, «Vamos camino a un colapso y tenemos que tomar medidas ya,» 2 Marzo 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.disruptiva.media/vamos-camino-a-un-colapso-y-tenemos-que-tomar-medidas-ya-arquitecto-miguel-perez/>.
- [7] C. López Vides, «San Salvador, ciudad intransitable: las causas del caos vehicular en la capital,» 19 Marzo 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/estadisticas-de-accidentes-transito-transporte-ministerio-obras-publicas-san-salvador-trafico-/1048061/2023/>.

- [8] C. . E. S. González, «Algoritmos Genéticos aplicados al tráfico vehicular de la ciudad capital de Guatemala para búsqueda de rutas alternas eficientes que apoyen el reordenamiento vial,» *Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado*, vol. 1, n° 1, pp. 83-86, 2017.
- [9] M. R. Aldás S. y M. J. Flores C., «Modelo origen destino para estimar el flujo de tráfico usando algoritmos genéticos,» *Revista científica MASKANA*, vol. 5, 2016.
- [10] J. D. Medina Nolazco, «Implementación de un algoritmo genético para la optimización de flujo vehicular aplicado a la fase de tiempos en las intersecciones de un corredor vial,» Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2015. [En línea]. Disponible: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7096>

Análisis de datos alométricos como herramienta para evaluar el impacto social de la investigación en la web

Su aplicación en el campo de las Ciencias Sociales en Cuba

Altmetrics data analysis as a tool for evaluating the social impact of research on the web

Application in the field of Social Sciences in Cuba

Roelvis Ortiz Núñez¹, Érika Jaillier Castrillón²

¹Investigador de Doctorado. Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7069-1439> E-mail: roelvis.ortiz@upb.edu.co

²Profesora e Investigadora Titular. Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6974-0275> E-mail: erika.jaillier@upb.edu.co

Resumen — La evaluación del impacto social de la investigación es un tema demandado por la comunidad científica y social. La presente investigación se desarrolla con el objetivo de describir el impacto social de los resultados de la investigación científica en el campo de las Ciencias Sociales en Cuba. Se utilizaron 5 dimensiones de análisis y 16 indicadores alternativos, mediante el uso de herramientas alométricas y fuentes de datos. La toma de muestras para el estudio se realizó a través de la base de datos Scopus y el proveedor de datos alométricos PlumX Metrics. Para el análisis se utilizaron técnicas estadísticas de tendencia y correlación entre indicadores, visualización de datos e información científica. Los resultados muestran que los indicadores con mayor presencia fueron las citas en Scopus y CrossRef, Views count, Full Text Views, Abstract Views, Readers in Mendeley, captures y las métricas de redes sociales Facebook y Twitter. Los resultados de investigación con mayor impacto social están relacionados con el cambio climático y la política ambiental, la producción científica sobre COVID-19, la educación superior, el desarrollo sostenible, los estudios de género, la legislación y el turismo.

Palabras clave: *impacto de la investigación; impacto social; alimetría; visibilidad científica; Ciencias Sociales; Cuba.*

Abstract — The evaluation of social impact of research is a subject demanded by the scientific and social community. The present research is developed with the objective of describing the social impact of the results of scientific research in the field of Social Sciences in Cuba. 5 dimensions of analysis and 16 alternative indicators were used, through the use of altimetric tools and data sources. The sample collection for the study was carried out through the Scopus database and the altimetric data provider PlumX Metrics. For the analysis, statistical techniques of trend and correlation between indicators, data visualization and scientific information were used. The results show that the indicators with the greatest presence were citations in Scopus and CrossRef, Views count, Full Text Views, Abstract Views, Readers in Mendeley captures and the social network metrics Facebook and Twitter. The research results with the greatest social impact are related to climate change and environmental policy, scientific production about COVID-19, higher education, sustainable development, gender studies, legislation, and tourism.

Keywords: *research impact; social impact; altimetric; scientific visibility; Social Sciences; Cuba.*

I. INTRODUCCIÓN

Medir el impacto de la investigación es una tarea fundamental de las universidades, organismos de investigación y agencias de financiación en la toma de decisiones y el establecimiento de políticas científicas y públicas. La evaluación del impacto de la ciencia es siempre un ejercicio controvertido y complejo, especialmente el que afecta a los individuos. Las críticas a los procedimientos de evaluación ocurren dentro de diferentes países con diferentes entornos de investigación [1] pero también en el ámbito

internacional, como lo muestra la Declaración de San Francisco sobre Evaluación de la Investigación [2] o el Manifiesto de Leiden [3]. También se registran dentro de distintas disciplinas, pero, sin duda, es en las Ciencias Sociales y Humanidades donde se dan las mayores tensiones [4] [5].

Como medida cuantitativa, el recuento de citas ha sido tradicionalmente un indicador cardinal sobre el que extraer conclusiones acerca del impacto de la investigación de una publicación científica. También es la maquinaria detrás de otras medidas de rendimiento de la investigación, como el factor de impacto de las revistas, el índice *h* y sus derivados. Sin embargo, el recuento de citas y las métricas tradicionales tienen varias limitaciones y no pueden mantenerse al día con las nuevas formas en que un investigador puede tener un impacto en el panorama digital actual.

En el caso específico de las Ciencias Sociales, a lo anterior se suman otros aspectos como la orientación nacional de la investigación, el predominio de canales de comunicación distintos a los artículos científicos, la tendencia a publicar más en revistas nacionales, y los hábitos de producción y consumo, que difieren de los de otras áreas [4] [5], con la consiguiente pérdida de eficacia de los indicadores cuantitativos tradicionales. Todos estos son temas que se han incorporado al debate en los últimos años y que han impulsado la creación de nuevos productos de evaluación como respuesta al monopolio de los sistemas de evaluación tradicionales.

En este contexto, el desarrollo de nuevos mecanismos de comunicación de la ciencia, junto con la generalización del uso de la web social y las redes sociales en los ámbitos científicos, han propiciado la creación de nuevos indicadores alternativos (*altmetrics*) que, junto a los conceptos tradicionales de la cuantificación (análisis de citas) contribuyen a investigar el impacto de las actividades de investigación en la web y las redes sociales [6].

Los indicadores *altmétricos* miden la atención que generan los resultados de la investigación en el entorno de la web social, destacan los medios utilizados para publicar los resultados de la investigación y se utilizan como emblemas del impacto científico y social de la investigación. Así, *altmetrics* (métricas alternativas) pretende complementar estas medidas tradicionales. *Altmetrics* captura datos de una variedad de fuentes, no solo del entorno de publicación académico tradicional y, por lo tanto, puede reflejar el impacto más amplio de la investigación más allá de la comunidad académica. También, se pueden capturar *altmetrics* para varios resultados de investigación además de artículos, como conjuntos de datos, software, estructuras moleculares, *preprints* y una variedad de productos de investigación disponibles en línea.

Desde la publicación del Manifiesto *Altmetrics* [6], se han generado varias publicaciones académicas en todo el mundo sobre métricas alternativas. El principal objetivo de estos estudios *altmétricos* ha sido comprender el significado de estas métricas y su posible aplicación a la evaluación de la investigación [7]. Estas métricas expresan una nueva dimensión del impacto académico, más cercano a la divulgación científica, el impacto social y la divulgación de la investigación [8].

Como resultado, se han desarrollado proveedores de datos *altmétricos* como *Altmetric Attention Score* y *PlumX Metrics*, algoritmos utilizados para medir el impacto de la investigación publicada a través de plataformas en línea. Estos sistemas de puntuación agregan datos sobre el compromiso en línea, incorporando métricas como la cantidad de descargas y las acciones en las redes sociales por parte de los investigadores y el público en general. Estas bases de datos han facilitado la comparación y el estudio de diferentes métricas, relacionándolas entre sí y con el impacto de citación. Basados en la sindicación web y los datos abiertos, estos agregadores recopilan eventos web sobre productos académicos utilizando varios identificadores (identificadores de objetos digitales (DOI), ISBN, URL, entre otros).

En respuesta a la creciente necesidad de indicadores alternativos para evaluar el impacto académico y social de las Ciencias Sociales, el presente estudio utilizó una herramienta de medición *altmetrics* con el objetivo de describir el impacto social de los resultados de la investigación científica en Ciencias Sociales en Cuba. Además, examinó el comportamiento de los indicadores *altmétricos* en la producción científica cubana durante un período de 5 años, las tendencias, la relación entre los indicadores alternativos y los temas de mayor repercusión social.

II. DATOS Y METODOLOGÍA

A. Fuentes de datos. Base de datos *Scopus* y proveedor de datos *altmetrics Plum X Metrics*

Dado que el enfoque del trabajo es analizar los puntajes de cobertura y *altmetrics* proporcionados por el agregador *PlumX Metrics*, para el análisis se descargó toda la producción investigativa cubana en el área de Ciencias Sociales en el período 2018-2022 indexada en la base de datos *Scopus*. Los registros se descargaron desde *Scopus* el 1 de enero de 2023, y en esa misma fecha se creó una base de datos *ad hoc* con los datos *altmétricos* proporcionados por *PlumX Metrics*. Con el fin de recopilar toda la atención recibida por cada producto de investigación durante el período analizado y con la intención de evitar sesgos estadísticos respecto a los datos *altmétricos* que se seguirán acumulando durante 2023.

Las métricas de *PlumX* han evolucionado significativamente y hoy en día es un agregador de *altmetrics* bastante completo [9]. *Plum Analytics* consideró hasta 67 tipos diferentes de resultados para rastrear, que

se denominan "artefactos". Estos artefactos incluyen artículos académicos, libros, capítulos de libros, documentos de conferencias. También incluye discursos, artes visuales, imágenes, figuras, etc. La recopilación de datos se actualiza en diferentes períodos de tiempo, que van desde una frecuencia diaria a una mensual, dependiendo de las diferentes políticas de licencia de las plataformas recopiladas. *Plum Analytics* actualiza *PlumX* cada 3-4 horas. Se puede acceder a los datos a través de interfaces de usuario final, *widgets* y *API* de *Plum Analytics* [10].

Para la recolección de la muestra, las publicaciones cubanas fueron seleccionadas a través del campo *AFFILCOUNTRY* de la base de datos *Scopus*, y los resultados se limitaron al área de Ciencias Sociales y al período de estudio seleccionado (2018-2022). La ecuación de búsqueda utilizada para interrogar la base de datos se muestra a continuación:

AFFILCOUNTRY (Cuba) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOCT")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018))

Como resultado se obtuvo un total de 1534 registros, para lo cual se realizó un análisis de contenido y se seleccionaron manualmente en la base de datos, tomando como criterio de inclusión las tipologías documentales: artículos de investigación, artículos de revisión, libros, capítulos de libros y documentos de congresos. Como parte del proceso de selección de la muestra, se revisó la sección "Métricas" de cada registro y se incluyeron aquellos archivos que habían recibido alguna atención altmétrica. Posteriormente, los registros seleccionados se exportaron al gestor de referencias *Zotero v.6.0.20*, donde se sometieron a un proceso de normalización de metadatos y se eliminaron 7 registros duplicados.

Para realizar el análisis posterior de la atención altmétrica que recibieron los productos de investigación que finalmente conformaron la muestra, se creó una base de datos *ad hoc* donde se incorporaron los siguientes metadatos: Título, Autores, Año, Título de la fuente, Volumen, Número, DOI, URL, Tipo de documento y las categorías en las que se clasifican las *altmetrics* proporcionadas por *PlumX Metrics*: Citas (*Scopus*, *CrossRef*, *Policy Citations*), Uso (Recuento de vistas, Vistas de texto completo, Vistas de resúmenes, *Link-outs*, Descargas, Existencias), Capturas (Lectores, Exportaciones-Guardados), Menciones (Referencias en *Wikipedia*, *Blog*, Noticias) y Redes Sociales (*Facebook*, *Twitter*).

B. Dimensiones e indicadores

Las métricas de *PlumX* se recopilaron a través de la *API* de *Scopus* [11]. Las medidas se clasificaron en cinco dimensiones según las categorías de métricas capturadas por el proveedor *PlumX Metrics*. En total, se capturaron 16 medidas diferentes disponibles, incluidas métricas tradicionales como citas, así como datos de uso y *altmetrics* ("Fig. 1"). Estos elementos ofrecen una imagen mucho más multidimensional del amplio impacto de las publicaciones cubanas en el área de las Ciencias Sociales. *Scopus* es la fuente predominante de datos de uso proporcionados.

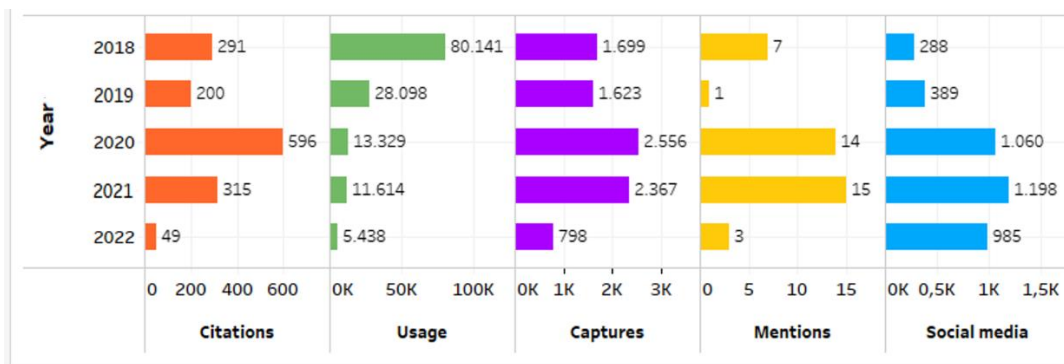


Figura 1. Puntuaciones altmétricas de las dimensiones por año de publicación

C. Métodos de análisis

Los datos recogidos de la muestra de publicaciones seleccionadas han sido introducidos en una base de datos *JASP*¹ diseñada al efecto para obtener los resultados que dan respuesta a las cuestiones planteadas como objetivo de este estudio. El comportamiento de los indicadores en el tiempo y sus tendencias se analizaron mediante el uso de software desarrollado por la comunidad científica para estos fines ("Fig. 2").

¹ Software estadístico que permite realizar análisis descriptivos inferenciales y correlacionares de datos.

Se realizaron análisis descriptivos univariados de los datos para caracterizar la muestra, seguidos de técnicas de correlación bivariada a través del coeficiente de *Pearson* [12] y modelos de regresión lineal simple para determinar la relación entre variables.

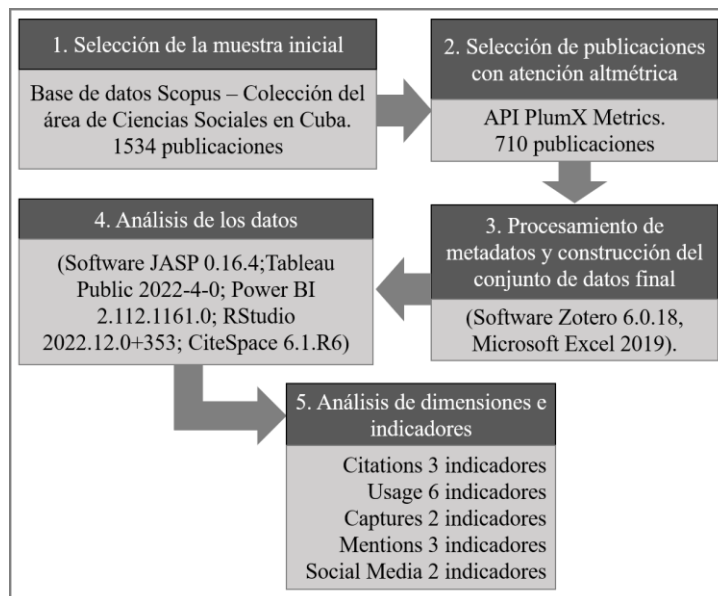


Figura 2. Metodología y proceso de recolección, tratamiento y análisis de datos para la investigación

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La "Fig. 3" muestra las correlaciones de *Pearson* calculadas para 14 de los 16 indicadores altmétricos analizados. La razón por la cual dos indicadores (Descargas y Existencias) fueron excluidos de este análisis fue porque ambas medidas registraron menos de 3 valores en el período analizado. La coloración de cada casilla varía según el resultado de la correlación; por lo tanto, el color azul intenso representa resultados con correlación fuerte, el azul claro correlación moderada, y a medida que disminuye la intensidad del color se representan correlaciones débiles hasta llegar a correlaciones nulas. En cambio, las variantes de color rojo representan correlaciones negativas entre los indicadores, que aumentan o disminuyen en correspondencia con la intensidad del color.

El 36,5% de las correlaciones fueron fuertes ($0,50 \leq |r_{xy}| < 1,00$), 6,5% moderadas ($0,30 \leq |r_{xy}| < 0,50$), 6,5% débiles ($0,10 \leq |r_{xy}| < 0,30$) y 3,5% nulas ($0,00 \leq |r_{xy}| < 0,10$); en cambio, el 47% de las correlaciones fueron negativas. Esta clasificación de las correlaciones según su intensidad indica, en general, una alta correlación entre los indicadores, con un ligero predominio de las correlaciones positivas.

Los indicadores correspondientes a la dimensión Citas y Redes Sociales muestran fuertes correlaciones, por otro lado, los indicadores de la dimensión Uso y Menciones presentan correlaciones variadas, entre fuertes y negativas, mientras que la dimensión Capturas muestra una correlación negativa entre sus indicadores. Los indicadores de la dimensión Uso que presentan fuertes correlaciones son Vistas de texto completo, Vistas de resúmenes y Enlaces, mientras que estos mismos indicadores muestran correlaciones negativas con el indicador de conteo de Vistas. El indicador de la dimensión Menciones que presenta correlaciones negativas con los demás es Referencias en Wikipedia, por el contrario, los indicadores Menciones en blogs y Menciones en noticias muestran una perfecta correlación positiva.

El análisis de las correlaciones entre los indicadores de las diferentes dimensiones muestra que las citas en *Scopus* es la métrica que brinda mejores correlaciones con Lectores en Mendeley, Menciones de Blog y Menciones de Noticias; *CrossRef* también presenta fuertes correlaciones con las métricas anteriores junto con conteo de vistas y *Facebook*. Correlaciones similares se encuentran en Citas en documentos de políticas, con la diferencia de que está fuertemente correlacionada con Exportaciones-Guardado. Estos resultados muestran que existen mayores correlaciones entre las métricas de las dimensiones Citas y Menciones.

El recuento de vistas presenta fuertes correlaciones con Lectores, Menciones de blog, Menciones de noticias, *Facebook* y *Twitter*, mientras que las Vistas de texto completo, Vistas de resúmenes y Enlaces solo tienen fuertes correlaciones con Exportaciones-Guardado, que muestra correlaciones positivas entre algunos indicadores de Uso, Capturas, Menciones y Redes Sociales. El indicador de Lectores presenta una fuerte correlación con Menciones de Blog y Menciones de Noticias, a diferencia de Exportaciones-

Guardado, que presenta correlaciones negativas con ambos indicadores, revelando correlaciones variadas entre los indicadores de la dimensión Capturas y Menciones.

Finalmente, las Referencias de *Wikipedia* muestran una alta correlación con *Twitter*, mientras que las Menciones de Blog y las Menciones de Noticias reflejan fuertes correlaciones con *Facebook*, revelando fuertes correlaciones entre los indicadores de las dimensiones Menciones y Redes Sociales.

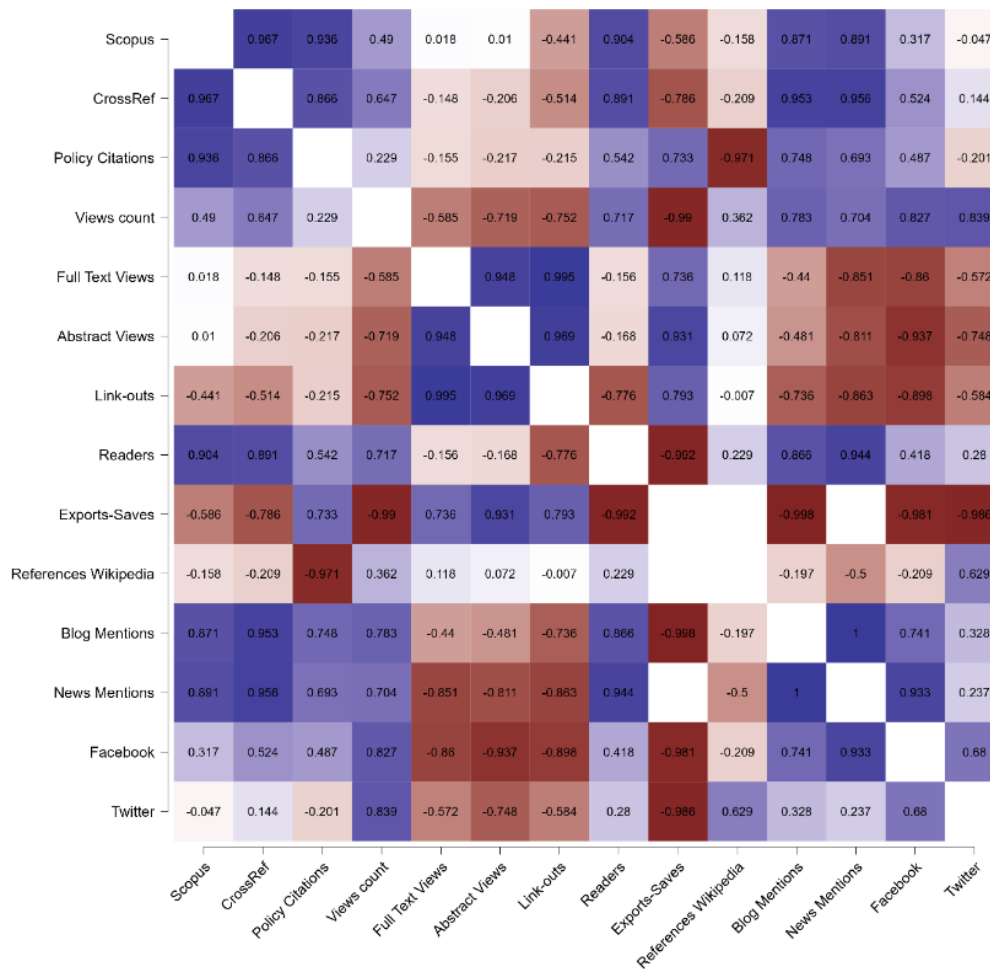


Figura 3. Mapa de calor de correlación de *Pearson* entre indicadores altmétricos

Las palabras clave representan información muy valiosa sobre el tema de investigación y los contenidos básicos de los productos de investigación. El análisis de co-ocurrencia de palabras clave es una herramienta valiosa para explorar los temas de investigación con el mayor impacto altmétrico al analizar los cambios temporales en las centralidades y frecuencias de las palabras clave co-ocurrentes. Con el uso del software *CiteSpace*² se realizó el análisis de co-ocurrencia de palabras clave del dominio analizado, la visualización estuvo conformada por 230 nodos y 297 enlaces con una densidad de 0.0113 (“Fig. 4”). Cada palabra clave se indica mediante un nodo separado, mientras que el tamaño del nodo indica la frecuencia de ocurrencia simultánea. Los enlaces nodales entre los nodos representan la conexión de co-ocurrencia entre diferentes palabras clave.

Las principales palabras clave según la frecuencia de co-ocurrencia son Cuba, educación superior, COVID-19, producción científica, educación, formación y sostenibilidad. Otras de las palabras clave más activas y de mayor influencia en la investigación en el área de las Ciencias Sociales en Cuba son: humano, gestión del conocimiento, indicadores bibliométricos, América Latina, cambio climático, proceso de enseñanza aprendizaje, alfabetización informacional, investigación, femenino, masculino, innovación, turismo y educación médica. Estos términos clave destacan el gran interés de los investigadores y otros miembros de la sociedad en estas áreas.

² Aplicación Java disponible libremente para visualizar y analizar tendencias y patrones en la literatura científica.

extracción de palabras clave y la realización de análisis de red basados en palabras clave y compararlos con la estructura intelectual basada en publicaciones de investigación. Además, en futuros estudios sería útil el análisis de disciplinas científicas distintas al campo de las Ciencias Sociales, como ingenierías, ciencias naturales y exactas, lo que contribuye a perfilar las repercusiones altmétricas en diversos campos del conocimiento.

V. REFERENCIAS

- [1] J. P. Alperin and C. Rozemblum, "The Reinterpretation of the Visibility and Quality of New Policies to Assess Scientific Publications", *Revista Interamericana de Bibliotecología*, vol. 40, pp. 231-241, 2017. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v40n3a04>
- [2] DORA, "San Francisco Declaration on Research Assessment", 2013. <http://crln.acrl.org/index.php/crlnews/article/view/9104/9996>
- [3] D. Hicks, P. Wouters, L. Waltman, S. De Rijcke and I. Rafols, "The Leiden Manifesto for research metrics", *Nature*, vol. 520, pp. 429-431, 2015. <https://doi.org/10.1038/520429a>
- [4] E. Giménez-Toledo, "La evaluación de las Humanidades y de las Ciencias Sociales en revisión", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 41, pp. e208, 2018. <https://doi.org/10.3989/redc.2018.3.1552>
- [5] O. Gregorio-Chaviano, R. Repiso, A. Calderón-Rehecho, J. León-Marín and E. Jiménez-Contreras, "Dialnet Métricas como herramienta de evaluación bibliométrica: aportes al análisis de la actividad científica en Ciencias Sociales y Humanidades", *Profesional de la información*, vol. 30, 2021. <https://doi.org/10.3145/epi.2021.may.18>
- [6] J. Priem, D. Taraborelli, P. Groth and C. Neylon, "Altmetrics: a manifesto", 2010. <http://altmetrics.org/manifesto/>
- [7] C. R. Sugimoto, S. Work, V. Larivière and S. Haustein, "Scholarly use of social media and altmetrics: a review of the literature", *Journal of the Association for Information Science and Technology*, vol. 68, pp. 2037-2062, 2017. <https://doi.org/10.1002/asi.23833>
- [8] R. Ortiz-Núñez, "Análisis altmétrico de la investigación sobre covid-19 publicada en 2020", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 45, pp. e328, 2022. <https://doi.org/10.3989/redc.2022.2.1912>
- [9] J. L. Ortega, "Altmetrics data providers: A meta-analysis review of the coverage of metrics and publications", *El profesional de la información*, vol. 29, n. 1, pp. e290107, 2020. <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.07>
- [10] M. Karmakar, S. K. Banshal and V. K. Singh, "A large-scale comparison of coverage and mentions captured by the two altmetric aggregators: Altmetric.com and PlumX", *Scientometrics*, vol. 126, pp. 4465-4489, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03941-y>
- [11] Elsevier, "PlumX Metrics API", 2020. https://dev.elsevier.com/documentation/PlumXMetricsAPI.wadl#metrics_by_id_and_value_GET
- [12] J. J. Berman, "Understanding Your Data", in *Data Simplification: Taming Information With Open Source Tools*, J. J. Berman, Ed. United Kingdom: Science Direct, 2016, pp. 135-187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803781-2.00004-7>

Reconstrucción de series de tiempo climáticas mediante métodos espectrales

Reconstruction of climate time series using spectral methods

Álvaro Mauricio Bustamante Lozano
Universidad de La Salle Bogotá, Colombia
abustamante@unisalle.edu.co

Resumen — A diferencia de los métodos convencionales para el análisis de series cronológicas, los métodos espectrales respaldan su enfoque basado en la observación de que el comportamiento mayoritariamente regular y, por lo tanto, predecible de las series es periódico. Esta aproximación conduce a la determinación de los componentes periódicos incrustados en la serie temporal mediante el cálculo de los períodos, amplitudes y fases asociados en ese orden. La implementación convencional de la aproximación en el dominio del espectro se basa en el teorema de Bochner-Khinchin-Wiener, que establece que la función de autocorrelación de retraso de una serie de tiempo y su densidad espectral son transformadas de Fourier entre sí. El algoritmo Singular Spectrum Analysis-MultiTaper Method (SSA-MTM) es un conjunto de técnicas (conformadas en una aplicación de software llamada SSA-MTM Toolkit) que ponen en funcionamiento un análisis espectral y de descomposición detallado en una serie de tiempo univariada de entrada. En esencia, realiza los siguientes procedimientos: (a) estima el espectro de la serie temporal; (b) descompone la serie de tiempo en sus tendencias, componentes oscilatorios y ruido; (c) reconstruye las contribuciones de los componentes seleccionados de la serie temporal. La filosofía esencial de esta metodología es que sólo mediante la aplicación simultánea y flexible de más de un método de estimación espectral se puede obtener información verdaderamente fiable sobre una determinada serie temporal. Esta técnica se utiliza en el presente trabajo con el objetivo de reconstruir series temporales que presentan una ausencia sustancial de datos.

Palabras clave; Análisis de Espectro Singular- Método de MultiAfilado. Métodos Espectrales. Modelos autorregresivos. Series cronológicas.

Abstract - Unlike conventional methods for time series analysis, spectral methods support their approach based on the observation that the mostly regular and therefore predictable behavior of the series is periodic. This approximation leads to the determination of the periodic components embedded in the time series by calculating the associated periods, amplitudes and phases in that order. The conventional implementation of the approximation in the spectrum domain is based on the Bochner-Khinchin-Wiener theorem, which states that the lag autocorrelation function of a time series and its spectral density are Fourier transforms of each other. The Singular Spectrum Analysis-MultiTaper Method (SSA-MTM) algorithm is a set of techniques (conformed into a software application called the SSA-MTM Toolkit) that perform detailed spectral analysis and decomposition on an input univariate time series. In essence, it performs the following procedures: (a) estimates the spectrum of the time series; (b) decomposes the time series into its trends, oscillatory components, and noise; (c) reconstructs the contributions of the selected components of the time series. The essential philosophy of this methodology is that only through the simultaneous and flexible application of more than one spectral estimation method can truly reliable information on a given time series be obtained. This technique is used in the present work with the aim of reconstructing time series that present a substantial absence of data.

Keywords; Analysis of Singular spectrum - MultiAfilado method. Spectral methods. Autoregressive models. Time series.

I. INTRODUCCIÓN

La sabana de Bogotá es una región de gran importancia en temas relacionados con su productividad agrícola y esta actividad se encuentra estrechamente relacionada con la climatología presente en la región. Es por este motivo que se requiere de un conocimiento profundo sobre las diferentes manifestaciones sobre la atmósfera, encargadas de producir las variabilidades en los elementos que componen el clima. Sin embargo, el monitoreo de variables climáticas solamente puede ser llevado a cabo mediante el análisis de información de calidad distribuida adecuadamente sobre la región de interés.

Seleccionar y aplicar los métodos estadísticos más apropiados y de mayor robustez para el control de calidad de la información sobre temperatura superficial disponible en las estaciones climáticas y

meteorológicas para la sabana de Bogotá es una tarea que, en ocasiones, resulta un tanto difícil debido a la cantidad de datos faltantes en muchas de estas estaciones. Sin lugar a dudas, esto es un obstáculo en el momento de realizar análisis climático sobre la región de interés [1].

Ajustar las series de tiempo observadas a través de métodos de interpolación espacial o modelos tipo espectral, apoyados en técnicas de Análisis de Espectro Singular permitirá contar con una base de datos completa y algún grado de confiabilidad para establecer patrones espaciales y temporales de variabilidad climática.

La red de estaciones encargadas de recopilar información de variables tanto meteorológicas como climáticas se distribuye a lo largo del territorio nacional (Colombia) en una serie de estaciones meteorológicas, climáticas, pluviométricas, de monitoreo ambiental, agrometeorológicas entre otras. Sin embargo, a pesar de presentar una cobertura del territorio con una densidad de estaciones aproximadamente adecuada, es necesario mencionar que la falta de actualización de los equipos, provoca una recopilación de datos poco confiable para el análisis del comportamiento de las variables atmosféricas.

El principal problema consiste en la falta de datos registrados durante largos periodos de tiempo. Para mencionar un ejemplo, en la estación meteorológica ubicada en la Universidad Nacional ($4,38^{\circ}$ N, $74,06^{\circ}$ W y 2556 msnm), los datos de temperatura en la superficie en promedios mensuales suministrados por el instituto de estudios ambientales y meteorológicos (IDEAM) cubren el periodo de tiempo comprendido entre 1988 y 2013, contando con un total de 312 datos. En este registro hay una ausencia de 105 valores del parámetro considerado. La serie de tiempo original se muestra en la figura 1.

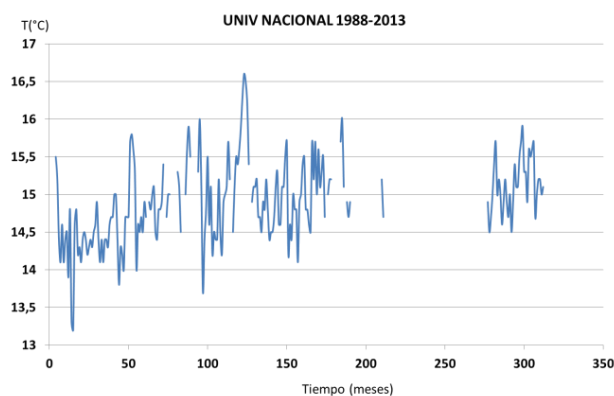


Figura 1. Serie de tiempo para la estación meteorológica de la universidad Nacional.

Es claro, después de observar los datos originales, que cualquier tipo de análisis que se quiera realizar es físicamente imposible y por lo tanto es necesario buscar mecanismos que permitan reconstruir los datos originales y además completen los datos faltantes en las series. Una alternativa un poco burda podría ser rellenar los datos faltantes mediante el uso del valor promedio de los datos existentes, sin embargo, esta alternativa no considera los comportamientos característicos anuales de la variable y, por su puesto ningún tipo de periodicidad, ciclicidad y mucho menos tendencias propias de las variables atmosféricas [2]. En la siguiente la figura 2 se muestra la serie de tiempo usando el valor promedio para rellenar los datos faltantes.

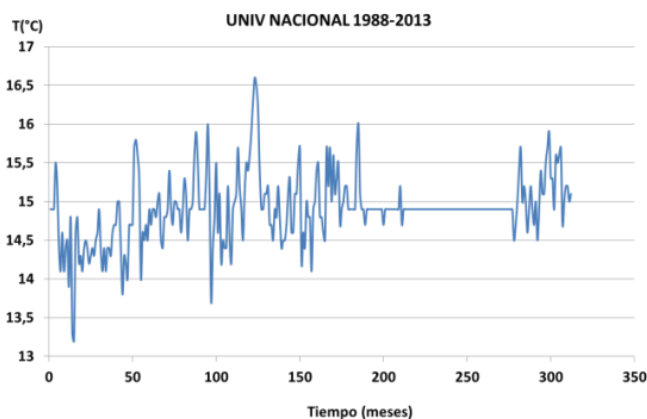


Figura 2. Reconstrucción de serie de tiempo usando media móvil.

Sin lugar a dudas, esta manera de subsanar el problema no es para nada adecuado sin presentar aportes significativos, resultando poco confiable para análisis posteriores sobre variabilidad climática. Por esta razón se consideran métodos que puedan reconstruir la serie con un poco más de confiabilidad y que muestre aspectos de interés en el comportamiento cronológico mensual de la temperatura en superficie [3].

II. DESARROLLO DE CONTENIDOS

Cuando los datos faltantes son pocos, la aproximación anterior es válida sin embargo cuando los datos faltantes son considerables el relleno no resulta siendo el apropiado y se pierde información relevante, no es posible extraer las periodicidades, ciclicidades y ni siquiera algún tipo de tendencia como se mencionó.

Debido a que no todos los datos de los promedios mensuales de las variables, suministrados por la entidad encargada de la recolección de registros climáticos en la zona de estudio, se encuentran disponibles, es necesario inicialmente escoger un periodo de tiempo que resulte más adecuado para los análisis. Por esta razón es necesario someter las series de tiempo disponibles a un proceso de relleno mediante ajustes de modelos estadísticos de carácter autoregresivo y análisis espectrales que permitan reconstruir los registros faltantes de las series cronológicas. Los modelos más utilizados son: Medias Móviles (MA), modelos autoregresivos (AR), modelos combinados (ARMA) y modelos combinados con autoregresiones de diferente orden (ARIMA) [4].

Dentro de las técnicas estadísticas para analizar distribuciones espaciales de variables que representan campos meteorológicos, la técnica denominada funciones empíricas ortogonales (EOF's por sus siglas en inglés) representa una técnica de análisis multivariado derivado de patrones dominantes de variabilidad.

El método es atractivo y tiene una fortaleza tan grande que puede permitir aproximaciones adecuadas en el análisis de sistemas, inclusive no lineales, aunque existiría en tal caso dificultad en asignar significancia estadística a los resultados.

Ello significa que podemos profundizar útilmente dentro del rango de sistemas y posiblemente hacer pronóstico aun cuando la disponibilidad de datos sea modesta. De hecho, es imprescindible medir y estudiar series de tiempo con el fin de describir y caracterizar un sistema físico [5]. Contar una completa base de datos permite la realización de análisis que conduzcan, incluso, a la formulación de modelos de predicción. En muchas situaciones prácticas los conjuntos de datos están compuestos de observaciones simultáneas de diversas variables en un sitio específico o de observaciones de una misma variable en distintos sitios en un tiempo dado. Cada serie de tiempo se puede representar matemáticamente como un vector columna así:

$$X^T = X_1, X_2, X_3, \dots \dots \dots X_n \quad (1)$$

Cada uno de los valores de X representa un dato del parámetro que se considera.

Si contamos con m series de tiempo, cada una con n datos, la totalidad de las observaciones conforman la matriz de datos que se puede representar matemáticamente de la siguiente forma:

$$[X] = \begin{pmatrix} X_{1,1} & \dots & X_{1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{1,n} & \dots & X_{n,m} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Desde el punto de vista matemático, es posible asignar a esta matriz de datos su propia matriz de covarianza [5], es decir:

$$[S] = \begin{pmatrix} S_{1,1} & \dots & S_{1,m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{1,n} & \dots & S_{n,m} \end{pmatrix} \quad (3)$$

La matriz anterior sirve de insumo al análisis matemático de manera que se pueden encontrar, a partir de ella, los vectores propios asociados con los datos. Esto conlleva a una descomposición espectral de la información original y permitirá escribir la matriz de datos, ecuación 2, de la siguiente manera:

$$[X] = \sum_{i=1}^n \lambda_i e_i e_i^T \quad (4)$$

Lo anterior significa que se ha podido proporcionar una descripción compacta de la variabilidad, puede ser espacial o temporal, de series de datos usando un número más pequeño de piezas de información independientes (En términos de funciones ortogonales) [6].

El análisis mediante FEOs es un método para particionar la varianza de un conjunto de series de tiempo distribuidas espacialmente.

Usualmente la mayor parte de la varianza de las series de tiempo está representada por las primeras funciones ortogonales cuyos patrones pueden estar vinculados con posibles mecanismos dinámicos.

El método de Análisis de Espectro Singular (SSA) es una variante del Análisis de Componentes Principales (ACP) aplicado al análisis de series de Tiempo. El procedimiento consiste en realizar un estudio estadístico multivariado a partir de una simple serie de tiempo, generando múltiples series obtenidas de rezagos aplicados a la serie original, con los cuales se construye la llamada matriz de covarianzas rezagadas.

En el estudio de los sistemas dinámicos, de cuyas aplicaciones emerge en gran medida el uso reciente del SSA a series de tiempo, la variable y sus derivadas conforman un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden que dan razón del comportamiento de la variable [7].

De esta manera se tiene la descripción de muchas variables de un sistema a través de una simple variable y sus derivadas.

Por lo tanto, la variable que origina la serie, en el caso discreto, puede ser descrita mediante el registro original y sus sucesivos rezagos.

Cada rezago es entonces una subserie extraída del registro original y se convierte en una nueva variable que representa una diferencia hacia atrás en el tiempo y que contiene información útil para la descripción dinámica del sistema.

En lugar de una variable y sus derivadas, una serie de tiempo discreta y sus sucesivos rezagos, pueden ser suficientes para describir la dinámica del sistema. En otras palabras, las diferencias de primer orden de una serie de tiempo son análogas a la diferenciación de primer orden de una variable continua.

Así las cosas, el objetivo es analizar una serie de tiempo mediante el truco de emplear copias rezagadas de la serie como variables adicionales, ya que en principio se asume que la variable, en la evolución del sistema, satisface un conjunto de p ecuaciones diferenciales de primer orden (en el sistema continuo análogo), que tienen la forma:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_p) \\ \dot{x}_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_p) \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ \dot{x}_p &= f_p(x_1, x_2, \dots, x_p) \end{aligned} \tag{5}$$

Este sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden, mediante diferencias sucesivas puede ser reemplazado por una única ecuación de la forma:

$$x_1^{(p)} = f(x_1, \dot{x}_1, \ddot{x}_1, \dots, x_1^{(p)}) \tag{6}$$

Teniendo en cuenta lo anterior, una serie de tiempo puede ser considerada si se tienen en cuenta los elementos que la componen. En una serie de tiempo pueden encontrarse algunos o todos de los siguientes elementos: tendencia a largo plazo, fluctuaciones cíclicas y variación aleatoria. Una vez detectadas las anteriores componentes en la serie, estas son sometidas a métodos adecuados de ajuste para por último desarrollar el modelo de pronóstico [8].

Uno de los métodos más comunes en el análisis de series de tiempo, consiste en modelar los elementos secular y cíclico mediante un modelo de regresión, los residuos provenientes de la diferencia entre valores observados y valores modelados son sometidos a un método de correlación.

En última instancia se busca explorar la variabilidad de la cantidad física que origina la serie, en términos de pocas componentes que a su vez dan cuenta del mayor porcentaje de dicha variabilidad. Es decir, se consigue una reducción de la dimensionalidad del espacio de fases. Este hecho normalmente se encuentra asociado a una explicación sencilla de la dinámica fundamental del sistema físico [9].

En consecuencia, el procedimiento implica un análisis desde la perspectiva de muchas variables (multivariado) como se mostró en la ecuación 4.

En la actualidad existe software gratuito que permite implementar el análisis de series de tiempo y específicamente que contiene subrutinas muy usadas en la reconstrucción de series de tiempo con datos

faltantes. En el caso concreto del ejemplo mencionado en este escrito se puede mostrar la reconstrucción realizada mediante el algoritmo denominado MTM, (Muti Tapper Model) por sus siglas en inglés.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para mostrar los resultados de aplicar el análisis de espectro singular, se ha tomado una serie de tiempo completa y se ha obtenido, de ésta, el espectro característico, mediante el uso de MTM [10]. La figura 3 muestra la descomposición espectral de la serie (para la estación meteorológica conocida como observatorio meteorológico nacional). En ella se pueden ver los armónicos más representativos de la serie y que serán de utilidad en la reconstrucción de los datos originales.

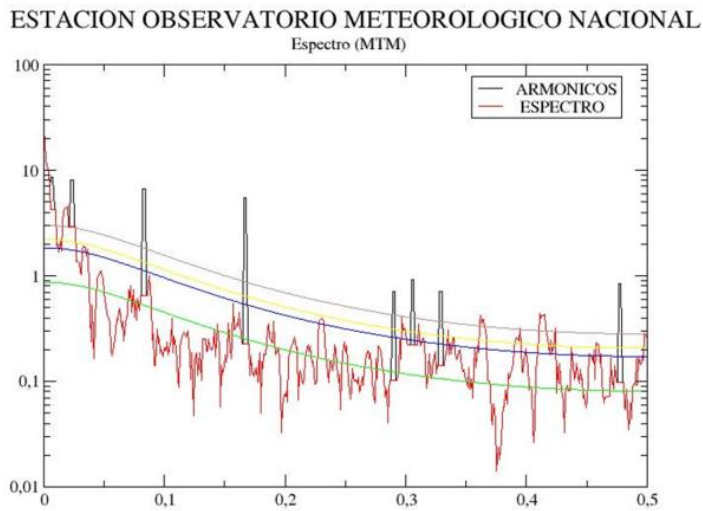


Figura 3. Espectro para serie cronológica de estación meteorológica.

La serie completa puede ser representada mediante la primera componente principal y que se caracteriza por ser una de las componentes de baja frecuencia como se muestra en la figura 4.

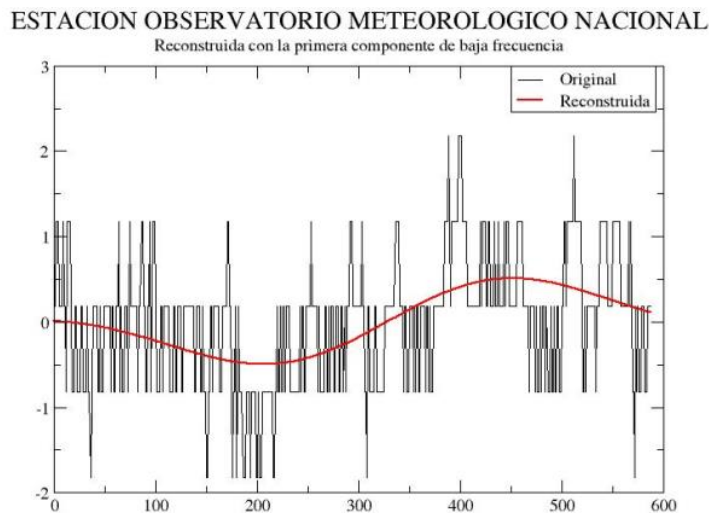


Figura 4. Componente de baja frecuencia.

También es posible reconstruir esta serie mediante el uso de una de las componentes de alta frecuencia. Esta reconstrucción se muestra en la figura 5.

ESTACION OBSERVATORIO METEOROLOGICO NACIONAL

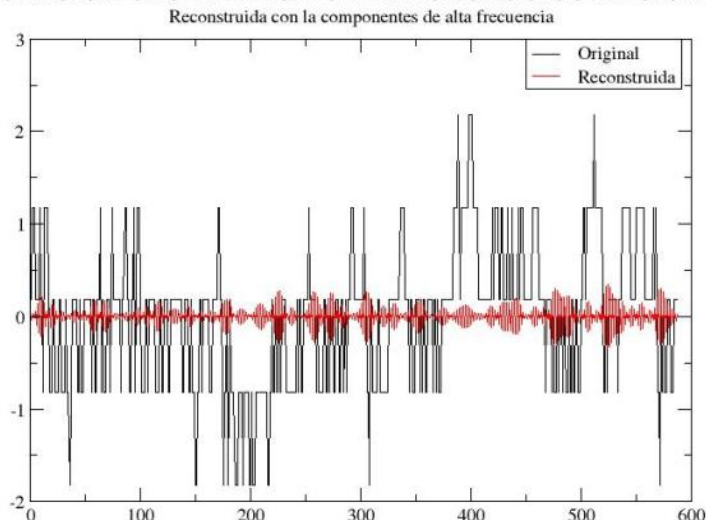


Figura 5. Componente de alta frecuencia.

Es claro que estas componentes muestran los rasgos característicos de la serie, pero no detallan el comportamiento que desearíamos ver en una serie con características reales. Sin embargo, es posible hacer una reconstrucción un poco más ceñida a la realidad de la serie mediante el uso de más componentes principales. La figura 6 muestra una reconstrucción de la serie usando cuatro componentes principales correspondientes a los cuatro armónicos que mayor representatividad poseen y que son característicos para bajas frecuencias.

ESTACION OBSERVATORIO METEOROLOGICO NACIONAL

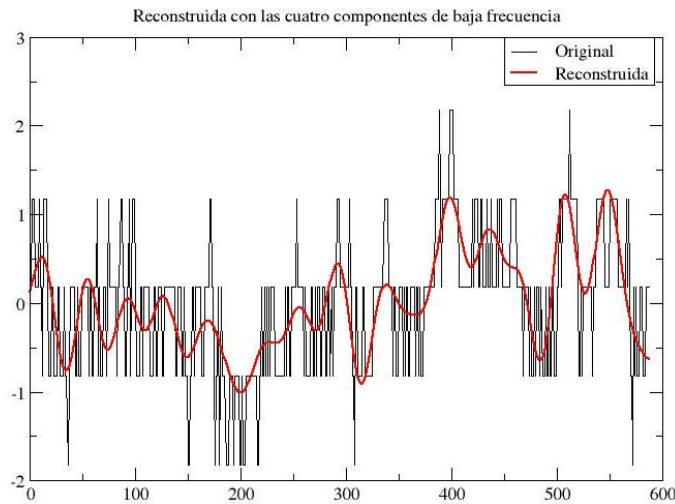


Figura 6. Reconstrucción de la serie con componentes de baja frecuencia.

La estación del observatorio meteorológico nacional es una de las estaciones con mayor cantidad de registros que existe sobre el territorio nacional (Colombia). Por esta razón y con el ánimo de mostrar la bondad del método, se hace una reconstrucción usando seis componentes principales, cuatro de ellos corresponden a las bajas frecuencias y los otros dos correspondientes a altas frecuencias. La figura 7 deja ver tanto la serie original como la serie reconstruida con las seis componentes principales. En este caso se lograron identificar seis componentes principales que dan razón sobre el 95% de la variabilidad de la serie. Podemos observar que una reconstrucción mediante estas seis componentes proporciona una aproximación bastante buena y que los datos reconstruidos y los observados muestran patrones de variabilidad similares. Este caso será tomado como patrón de comportamiento para reconstruir, rellenar datos faltantes y construir una base de datos adecuada que esté distribuida espacialmente de una manera adecuada para análisis posteriores sobre variabilidad climática sobre la sabana de Bogotá.

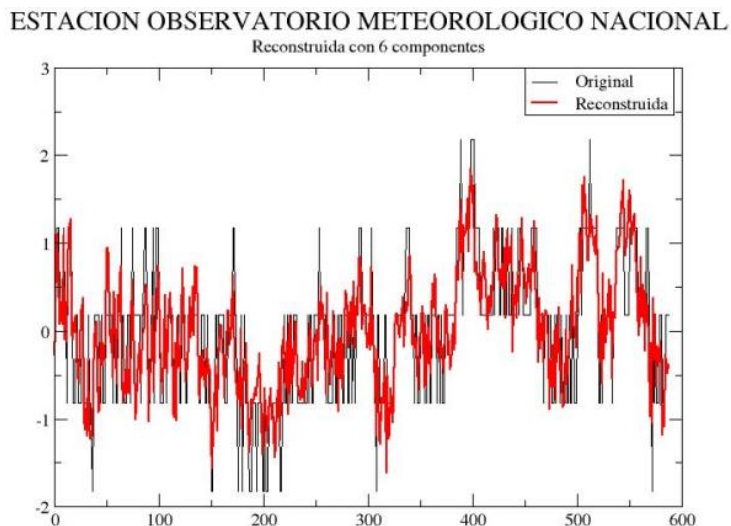


Figura 7. Reconstrucción de la serie de tiempo usando 6 componentes principales.

IV. CONCLUSIONES

Desafortunadamente en la actualidad, en Colombia, se cuenta con una red de estaciones cuya información es bastante precaria y mal distribuida espacialmente. Lo anterior hace pensar, a futuro, en un diseño de red de estaciones con una mejor distribución espacial y un sistema de acopio de la información más efectivo. Por el momento, y con la intención de realizar estudios climáticos de variabilidad, es posible realizar una reconstrucción de datos faltantes en las estaciones de acopio de información necesarias para tal estudio, usando el método descrito en este trabajo.

Una vez concluido este estudio se puede afirmar que se cuenta con una base de datos de reanálisis para la temperatura en superficie en promedio mensual, útil en cualquier estudio sobre la climatología de la Sabana de Bogotá y que abarca por lo menos, un periodo de 30 años con series de tiempo sin ausencia de datos. Desde luego, contar con esta base de datos permite la construcción de un modelo de “ondas estacionarias en un medio estocástico” [11] y que permitirá visualizar los patrones de comportamiento interanual para la temperatura en la región, sirviendo como herramienta de pronóstico, por lo menos en la dinámica lineal, de la variable atmosférica de interés.

Si bien los métodos estadísticos usados en este estudio para reconstruir información atmosférica resultan siendo robustos y poderosos, no deben ser aplicados de manera indiscriminada ya que no todas las variables que definen el clima tienen comportamientos tan poco variables como la temperatura en superficie. Es decir que cuando se quieran reconstruir datos como por ejemplo de precipitación o velocidad del viento, se debe tener un poco de cuidado con la aplicación de estos métodos debido al comportamiento, en ocasiones caprichoso de estas variables.

V. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a la Universidad de La Salle, y especialmente a la escuela de ciencias básicas y aplicadas, quienes apoyaron el proyecto de investigación del cual surge El presente escrito.

VI. REFERENCIAS

- [1] Yarlequé, C. Posadas, A. y Quiroz, R. (2007). Reconstrucción de datos de precipitación pluvial en series de tiempo mediante transformadas de wavelet con niveles de descomposición. Lima: Centro Internacipnal de la Papa (CIP)-División de Manejo de Recursos Naturales, Documento de Trabajo No. 2007-2.
- [2] Valero, F., González, J. F., Doblas, F. J. y García-Miguel, J. A. (1996). A Method for the Reconstruction and Temporal extension of Climatological Time Series. *International Journal of Climatology*, 16, 213-227.
- [3] Rapp, D. (2008). *Assesing Climate Change: Temperatures, Solar Radiation, and Heat Balance*. Berlin: Springer-Praxis.
- [4] Potter, T. y Colman, B., Eds. (2018). *Handbook of Weather, Climate, and Water: Dynamics, Climate, Physical Meteorology, Weather Systems, and Measurements*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.

- [5] Houghton, J. (2004). *Global Warming: The Complete Briefing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [6] National Research Council, Board on Atmospheric Sciences and Climate (2006). *Surface Temperature Reconstructions for the Last 2,000 Years*. Washington, DC: National Academies Press.
- [7] Elsner, J. y A. Tsonis (1996). *Singular Spectrum Analysis: A New Tool in Time Series Analysis*. New York: Plenum Press.
- [8] SSA-MTM Group (2015). *SSA-MTM Toolkit for Spectral Analysis*. Los Angeles: Department of Atmospheric Sciences, University of California (online at <http://www.atmos.ucla.edu/tcd/ssa/guide/>).
- [9] Marengo, J. et al. (2021). Cambio Climático: Evidencias y Futuros Escenarios en la Región Andina. En *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*, editado por: Sebastián Herzog, Rodney Martínez, Peter Jørgensen y Holm Tiessen. Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAL) y Comité Científico Sobre Problemas de Medio Ambiente (SCOPE).
- [10] Wilks, D. (2021). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. International Geophysics Series, vol. 100, 5rd Ed. San Diego (USA): Academic Press.
- [11] Von Storch, H. y F. W. Zwiers (2019). *Statistical Analysis in Climate Research*. New York: Cambridge University Press.

Trazabilidad no invasiva del comportamiento de usuarios de aplicaciones distribuidas

Non-invasive traceability of distributed application user behavior

Guillermo Alonso-Rello, Jose-Maria Gutierrez-Martinez

Universidad de Alcalá, España

guillermo.alonsor@edu.uah.es, josem.gutierrez@uah.es

Resumen — Este artículo presenta una propuesta metodológica para la utilización de los logs de aplicaciones distribuidas como mecanismo no invasivo de obtención del comportamiento de usuarios en aplicaciones basadas en servicios para poder realizar un seguimiento de su navegación. Se analizan herramientas actuales, así como técnicas existentes y se propone un formato que se aplica sobre un sistema real. Se recogen los datos en un fichero que se valida mediante su procesado en la herramienta KNIME, produciendo como resultado una información útil para ser analizada como continuación de este trabajo.

Palabras clave: logs; servicios; navegación de usuario.

Abstract — This article presents a methodological proposal for the use of distributed application logs as a non-invasive mechanism for obtaining the behavior of users in service-based applications to be able to track their browsing. Current tools and existing techniques are analyzed, and a format is proposed that is applied to a real system. The data is collected in a file that is validated by processing it in the KNIME tool, producing as a result useful information to be analyzed as a continuation of this work.

Keywords: logs; services; user navigation.

I. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones distribuidas son utilizadas en la actualidad de forma masiva por usuarios y organizaciones para establecer su relación comercial o de otro tipo. Dado el uso intensivo de estas aplicaciones, se hace necesario estudiar su eficacia en varias dimensiones como pueden ser el uso de recursos en los servidores o la nube, la optimización de los recursos de red y la mejora de la experiencia de usuario.

Puesto que los usuarios demandan la ejecución de los algoritmos y servicios de las aplicaciones a través de la navegación, sus decisiones son las responsables de desencadenar las acciones que provocan el consumo de todos los recursos, pero también son el objetivo final de las aplicaciones. Por tanto, estas acciones no pueden evitarse, pero deben optimizarse en cuanto a su impacto.

Para poder realizar cualquier tarea de optimización se requiere una toma de datos previa. Para ello, se quiere estudiar el comportamiento de los usuarios de aplicaciones distribuidas para obtener el conocimiento necesario como base para una posterior toma de decisiones sobre el diseño de estas. El reto principal para realizar este análisis es la habitual falta de datos al respecto de la navegación diaria de los usuarios de aplicaciones distribuidas, que es la principal fuente de la que extraer este conocimiento, puesto que las herramientas existentes se centran en la ejecución de los servicios y sus métricas sin conocer información específica de los usuarios implicados en la ejecución de los servicios. Esta complicación se debe a que las bases de datos se centran en guardar el estado actual de los usuarios y los objetos que les competen para poder ofrecerles servicios. En este enfoque la navegación diaria de los usuarios se trata siempre como un

instrumento o un camino para obtener la información destinada a la base de datos y no como un objeto de estudio sobre el que recoger datos. La obtención de esta información sobre el comportamiento de los usuarios se suele obtener mediante experimentos en los que se pide a los usuarios que interactúen con la aplicación y se registran sus acciones. En contra de nuestra propuesta, estos experimentos implican un número limitado de usuarios y una invasión total de su experiencia al saber que están siendo observados y requerir el uso de herramientas adicionales.

Una forma sencilla de recoger esta información es mediante los ficheros de log [1]. Estos son archivos de texto ideados para insertar líneas de información desde el código de las aplicaciones con la finalidad de ayudar a la depuración en tiempo de desarrollo y el seguimiento de problemas en tiempo de explotación. La mayoría de los lenguajes de programación facilitan el uso de estos archivos, y utilizarlos no suele empeorar la lectura del código, pudiendo sustituir algunos comentarios y mejorar la posición y contenido de estos, lo que ya ha sido planteado como un problema al que también se intenta dar solución con herramientas de automatización [2]. Esto permite utilizarlos como recurso para encontrar los motivos de un error detectado en el código, y para ello recogen el flujo de ejecución que ha seguido el programa, insertando una línea en cada parte significativa para que sea reconocible qué está sucediendo [3].

Dado que los usuarios causan la ejecución de los algoritmos y servicios a través de la navegación, ellos son los responsables de desencadenar las acciones que provocan la escritura en los logs. Esto implica que en los ficheros de log podría encontrarse toda la información sobre la navegación de los usuarios. Sin embargo, ocurre lo contrario que con las bases de datos, los ficheros de log contienen demasiada información y poco estructurada, lo que hace difícil la extracción de las partes esenciales de forma efectiva y útil. Esto se debe a que los logs son un mecanismo de caja blanca, es decir, informan sobre detalles del código, y estos son excesivos para el análisis de navegación que se busca porque el usuario navega siguiendo un patrón de caja negra. Existen iniciativas para automatizar este proceso, aunque el conocimiento del dominio sigue siendo necesario [4]. Unos ficheros de log con información útil para modelar el comportamiento del usuario deberían contener solo información de alto nivel sobre sus acciones, sin detalles internos.

Por todo esto, se propone la creación de un modelo de ficheros de log al estilo de caja negra para realizar un seguimiento del comportamiento de los usuarios. Estos deberán contener el máximo de información útil para el análisis y requerir el mínimo preprocesamiento posible. Crear este nuevo log especializado da la oportunidad de diseñar un formato deseable para este propósito en cualquier aplicación distribuida.

El resto de artículo se organiza como sigue: Objetivo, donde se formaliza el objetivo de los trabajos; Herramientas existentes, donde se analizan herramientas de gestión de logs que almacenan y analizan su contenido; Tareas realizadas, que contiene la información sobre los pasos seguidos para realizar una propuesta de generación y gestión de logs apropiada para el objetivo del trabajo; Resultados, que presenta el resultado de aplicar esta propuesta sobre una aplicación real en explotación; Conclusiones y futuros trabajos, que presenta las conclusiones y cómo se propone continuar el trabajo, aplicando técnicas de análisis de Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial.

II. OBJETIVO

El objetivo del proyecto que se presenta es realizar un seguimiento de las acciones de usuario en una aplicación web de forma que no impacte en las actividades objetivo de los actores implicados en la misma y permita la obtención de datos válidos para su utilización mediante técnicas de IA en la optimización del funcionamiento de la aplicación.

Para ello, es necesario asegurar que no requiera la instalación, por parte de los usuarios, de ningún tipo de componente adicional, implicando la no invasión del espacio del usuario.

También se pretende que este seguimiento de acciones sea extensivo a todos los usuarios y pueda extenderse en el tiempo, en lugar de realizarse de forma puntual como una evaluación limitada.

Finalmente, el seguimiento no deberá implicar la introducción de funcionalidades o modificación de las existentes a los desarrolladores de la aplicación, tampoco la utilización de librerías adicionales o software paralelo de seguimiento de acciones de usuario, ni en el cliente ni en el servidor. De esta forma se consigue que el proceso no sea invasivo en el sentido de añadir carga computacional al cliente o al servidor, ni esfuerzo de desarrollo o mantenimiento a los responsables de la aplicación.

III. HERRAMIENTAS EXISTENTES

Se ha realizado una búsqueda de las principales herramientas de gestión de logs existentes para analizar si pudieran ser utilizadas para alcanzar los objetivos propuestos. Dentro de este análisis se valorará el uso de IA ya que el objetivo final es obtener datos a utilizar mediante estas técnicas. Se han obtenido las características detalladas de las siguientes:

- Fluentd: Creado en 2011. (Ruby). Entre las empresas que usan Fluentd están Microsoft (en Operations Management suite), AWS, change.org, Bandai Namco, Nintendo, Slideshare y muchas

otras. Es de código abierto, tiene una comunidad muy activa con gran número de issues y commits. <https://github.com/fluent/fluentd>. Dispone de una extensa lista de plugins. No dispone de módulo de IA ni está previsto su inclusión.

- **GrayLog Open:** Creado en 2009. Versión Open, Small Business, Enterprise y Cloud. Es una de las más recomendadas y utilizadas, con mucha actividad en Github, con issues y commits recientes. <https://github.com/Graylog2/graylog2-server/pulse>. Incluye un marketplace con plugins, content-packs, etc. Trabaja con IA, integrada en su propio código.
- **Solarwinds LogAnalyzer:** Creado en 1999. Tiene una licencia gratuita de varios días. Indican que es usado por más de 300.000 usuarios. Tiene una comunidad con más de 150.000 usuarios <https://thwack.solarwinds.com/>. Su código contiene IA, pero no como módulo o plugin.
- **LogManagement Sematext:** Creado en 2007. Tiene una licencia gratuita de varios días, y opciones de licencia básica, standard y pro. Entre los clientes de Sematext se encuentran DellMC, Facebook, BBC, Salesforce, Instagram, Walmart, etc. Comunidad no es muy activa <https://dev.to/sematext>. No es posible crear módulos y no menciona el uso de IA o que disponga de módulos para ello.
- **DATADOG:** Creado en 2010. Tiene una licencia de prueba gratuita y opciones según la “ingesta” de logs o por “Retener y Rehidratar”. Entre los clientes de Datadog se encuentran Samsung, 21st Century Fox, Shell, Siemens, Sony, Lufthansa, Lego. Comunidad poco activa. No dispone de plugins pero dispone de módulos opcionales para Seguridad, APM, Infraestructura, Experiencia Digital y Capacidad de plataforma. No es posible crear módulos. En su código utiliza IA.
- **Splunk:** Creado en 2003. Probarlo es gratuito y tiene opciones dentro de Splunk Observability Solutions. Entre los clientes de Splunk se encuentra Lenovo, Honda, Expo2020 Dubai, The University of Arizona e Intel. Comunidad muy activa en <https://community.splunk.com/t5/Community/ct-p/en-us>. Tiene módulos de Splunk Cloud Platform, Splunk Security Solutions o Splunk Enterprise Platform. Es posible crear extensiones en JQuery3. Su código trabaja con IA.
- **EventLog Analyzer:** Creado en 1996. Tiene una versión de prueba y una versión Premium y distribuida. Entre los clientes de Manage Engine se encuentran Ferrari, CISCO Systems, L’Oreal, Samsonite, Saint Gobain, etc. La comunidad es poco activa. No dispone de extensiones log, pero sí dispone de módulos de seguridad e información, de administración e identidad y administración de accesos. No es posible crear módulos. Su código contiene IA.
- **LOGDna:** Creado en 2015. Tiene una versión gratuita y otra de pago de varios niveles: Birch, Maple, Oak, Hipaa y Enterprise. Entre los clientes de LogDna están ASICS, Gradle, IBM Cloud, etc. Comunidad algo estancada. No es extensible y no disponen de otros módulos. No es posible crear módulos. Su código contiene IA.

Tras revisar estas herramientas, seleccionadas de entre las relacionadas con esta gestión, se ha llegado a la conclusión de que no ofrecen lo que se necesita para obtener la información apropiada a partir de los logs existentes dado que están principalmente enfocadas a la realización de estadísticas y detección de situaciones potencialmente conflictivas a nivel de arquitectura. Por otro lado, los contenidos generados en los logs son de elevada complejidad, como se puede comprobar en la Fig. 1, lo que dificulta su uso para cualquier otro objetivo. Aunque existen trabajos de investigación que proponen métodos para analizar el contenido de los logs mediante técnicas de IA [5] éstas son las técnicas que se aplican en todas las herramientas analizadas y no permiten realmente analizar el comportamiento individualizado de usuarios ya que no analizan cada una de las sesiones de trabajo de los usuarios para establecer los patrones de comportamiento existentes. Por este motivo, se proponen y realizan una serie de tareas para formalizar aplicar y estudiar los resultados del contenido apropiado y como obtenerlo en logs de utilidad para la trazabilidad del comportamiento de los usuarios.

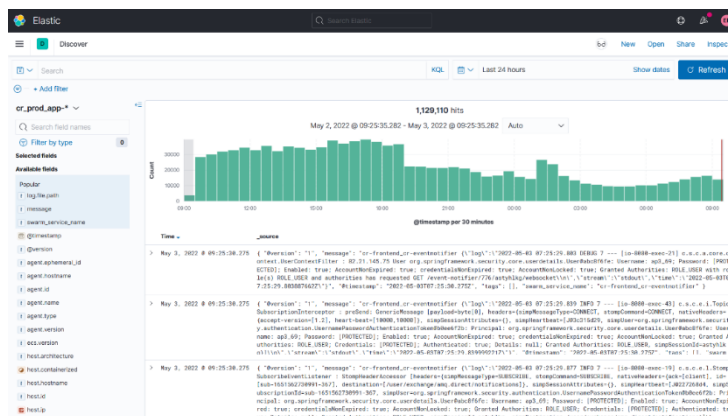


Figura 1. Mensajes de log y estadística.

IV. TAREAS REALIZADAS

Se plantean dos tareas interdependientes, una para tomar la decisión sobre la procedencia de los datos que debe contener el fichero de log, esto es, qué zonas de código van a producir los logs analizando los componentes de las aplicaciones distribuidas; y, otra para el establecimiento de la información que debe recogerse.

A. *Análisis de componentes de una aplicación distribuida*

Al responder a la pregunta de qué componentes o zonas del código son las más indicadas para escribir en los logs [6] es importante tener en mente que es indispensable no empeorar la legibilidad del código ni generar llamadas adicionales a servicios, lo que modificaría el comportamiento del servidor.

Nuestra investigación expondrá la toma de decisiones en aplicaciones realizadas utilizando backend en Java servlets y frontend en JSP y JavaScript, pero es generalizable a cualquier tecnología similar, ya que este tipo de implementación es la base lógica sobre la que se construyen diversas tecnologías y frameworks actuales.

Lo más sencillo que podemos hacer es monitorizar cuándo el usuario utiliza código de JSP y servlets, lo que se reduce a saber cuándo un usuario está viendo una pantalla y cuándo utiliza algún servicio accesible mediante alguna acción disponible dentro de esta. Podría ser interesante complementar esto mediante JavaScript, pero se considera una práctica no deseable, porque esencialmente consistiría en acumular información en estructuras de datos adicionales en el lado del cliente -lo cual complicaría mucho el código- para enviarlas al servidor -lo que causaría llamadas extraordinarias o bien aprovecharía las existentes, reduciendo la cohesión de estas al atender a varias tareas al mismo tiempo-.

1) *Análisis de visita de pantallas JSP:*

Escribir en los logs desde JSP permite conocer la pantalla que está visitando el usuario, y facilita poner en contexto las acciones que tomará en ella. Dado que ejecutar el mismo algoritmo desde varias pantallas es práctica habitual y comúnmente aceptada como una buena práctica, conocer la pantalla desde la que proviene la acción del usuario será útil para el análisis posterior. Además, conocer el flujo de pantallas que visita puede ayudar a descubrir comportamientos erráticos que pueden indicar un mal diseño de la aplicación.

La ventaja que tienen tecnologías como JSP o PHP frente a HTML en el caso de los logs es que pueden codificarse en el frontend de la misma manera que se hace en el backend. Un archivo JSP es implícitamente un servlet, el cual se ejecuta para enviar al cliente el texto HTML que su navegador puede interpretar. Es por esto por lo que escribir en logs desde este tipo de archivos es muy sencillo. En aplicaciones distribuidas construidas con Java servlets es muy conveniente utilizar JSP, porque casi siempre aparece la necesidad de añadir código Java entre el HTML.

Puede ser recomendable categorizar los tipos de pantallas que hay en la aplicación. Generalmente hay pantallas dedicadas a input de datos, como los formularios; pantallas de output de datos, para presentar datos ya guardados; y, pantallas mixtas, donde se puede ver y editar la información.

2) *Análisis de llamadas a servlets:*

Esta sección es más compleja, porque requiere analizar los tipos de servicios que dan los servlets para decidir si son relevantes como para escribir en los logs. Como regla general se registrarán aquellos que signifiquen una decisión opcional del usuario en la aplicación, lo cual dice algo sobre su comportamiento.

Existen algunos que solo sirven para hacer una consulta de tipo SELECT. Hay dos tipos principales:

- Los que se llaman siempre desde `document.ready` en JavaScript, es decir, entrar a una pantalla que los llama implica siempre la llamada. Por tanto, estos podrían ser ignorados y tan solo registrar el acceso a la pantalla.
- Los que se llaman solo si el usuario lo desea, es decir que estos sí que indican alguna actividad por su parte, y por tanto sí son susceptibles a ser registrados.

El resto realizan consultas de tipo INSERT, UPDATE o DELETE, lo que siempre proviene de una actividad voluntaria del usuario y por tanto son importantes.

No todos los servlets tienen por qué cumplir una función única. Hay algunos que por cuestiones de diseño pueden realizar varias acciones diferentes que tengan alguna relación. Un buen diseño permite saber qué servicio concreto están haciendo debido a que reciben un parámetro de tipo booleano o String que indica qué tipo de acción es. Por tanto, en los logs relacionados con servlets se puede incluir siempre un identificador único de qué acción se está ejecutando, como si fueran dos servlets diferentes, llegando a subdividir los servlets en acciones independientes entre sí. Podríamos considerar a un nivel de detalle mayor, que es en

servlets que realizan tareas opcionales, saber cuál están haciendo. Es muy común que en los servlets destinados a modificar varios campos en un formulario el usuario solamente modifique uno de ellos, y puede ser interesante saber cuál es.

B. Propuesta de contenido en logs y generación en los componentes

Esta tarea se centra en la propuesta de un formato unificado para las líneas de log que tenga toda la información útil para un futuro análisis.

Para empezar, debemos registrar el nombre del servicio que se ha ejecutado, a lo que podemos añadir opcionalmente la categoría de servicio a la que pertenece.

Debemos relacionar el log con la identidad del usuario que lo ha producido, lo que conviene hacerse a través del identificador único que suele asignárseles en las aplicaciones. Esto además permitirá complementar la información del log con los datos del usuario almacenados de la base de datos. Es interesante incluir el identificador de sesión que facilita Java, el cual nos permite distinguir dos sesiones distintas del mismo usuario. Además, si se trata de una aplicación que cuenta con varios tipos de perfiles o roles para un mismo usuario conviene guardar cuál estaba utilizando en el momento del escribir el log.

Los logs siguen un orden cronológico, pero es habitual incluir la hora a la que ocurrió el evento, una información bastante útil de cara a ver la velocidad del usuario y de ejecución de sus peticiones. Para saber esto último se registrará la fecha y hora en la que empezó y acabó la ejecución del servicio. Además, puede ser interesante incluir un campo *suceso* indicando si la acción se ha realizado con éxito o no, preferiblemente distinguiendo entre excepciones y errores detectados en algún filtro condicional. Esto puede ser útil para conocer la frecuencia de los errores en el sistema, a qué usuarios le pasan más y quizá saber a qué se deben.

Para que los ficheros tengan el menor tamaño posible, se utilizarán ID en algunos campos para después sustituirlos por un valor más legible en la fase de análisis de datos.

Todas estas ideas se ven reflejadas en la Tabla I:

TABLA I PROPUESTA DE FORMATO DE LOG PARA CUALQUIER APLICACIÓN DISTRIBUIDA

Nombre del Campo	Tiempo final	Tiempo inicial	ID usuario	ID sesión	ID Perfil	ID categoría servicio	Nombre servicio	ID suceso
Tipo de dato	DateTime	DateTime	int	int	String	String	String	int

V. RESULTADOS

En este apartado se mostrarán, de forma resumida, los resultados de aplicar esta propuesta sobre una aplicación real que da servicio a los profesores, alumnos y personal de administración de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alcalá. Esta aplicación no es de dominio público y su acceso está restringido a los citados usuarios, por este motivo no se puede dar información detallada sobre la misma, pero se puede indicar que tiene más de 1000 usuarios, con tres perfiles de los cuales, el más numeroso hace un uso muy reducido de la plataforma, el siguiente grupo en tamaño algo más frecuente y el grupo más reducido, un uso intensivo y diario.

A. Aplicación de la propuesta

En esta sección se describirán las acciones concretas que se han llevado a cabo para aplicar la metodología. No se han incluido logs en los JSP por el momento, ya que se ha estimado que para una primera implementación basta con solo los servlets, aunque añadir los JSP proporcionaría más contexto sobre la navegación del usuario y es deseable hacerlo en una futura aproximación.

Se han analizado todos los servlets de la aplicación siguiendo este esquema:

- *Inputs*: parámetros que recibe desde la llamada desde un formulario o desde AJAX.
- *Función*: descripción del efecto que tiene en base de datos. Este efecto puede ser múltiple y algunas de sus partes pueden ser opcionales.
- *ID categoría servicio*: Categorías de los servlets según su función:
 - SOB (SELECT obligatorio): conocido el JSP que lo llama, no aporta información.
 - SOP (SELECT opcional): consulta de información adicional.
 - IUD (INSERT/UPDATE/DELETE): acción permanente en la base de datos.
 - AUX (AUXILIAR): servlet auxiliar de tratamiento de los datos en la sesión.
 - LIN (LOGIN): servlet de login.
- *Utilizable por*: Qué tipos de usuario o roles pueden utilizar el Servlet.

Se han codificado los logs como se expuso en la sección anterior y se ha desplegado la aplicación para comenzar a obtener datos de toda la navegación de los servlets.

La Tabla II indica el desglose de servlets por categoría de la aplicación:

TABLA II NÚMERO DE SERVLETS POR CATEGORÍA EN LA APLICACIÓN

Categoría	Número de servlets
SOB (SELECT obligatorio)	12
SOP (SELECT opcional)	8
IUD (INSERT/UPDATE/DELETE)	23
AUX (AUXILIAR)	2
LOGIN	1

B. Muestra de resultados y análisis

En cuanto a los resultados del trazado de la aplicación, el fichero cuenta actualmente con más de 19.500 registros, cada uno de ellos como el mostrado en la Fig. 2.

```

19552 2023-06-29 12:02:07.485, 2023-06-29 12:02:07.483, 974, 479926A08EA58FA05F9AE89193B6CA63, PRO, SOB, CargarDatosTFX, 00
19553 2023-06-29 12:02:07.485, 2023-06-29 12:02:07.483, 974, 479926A08EA58FA05F9AE89193B6CA63, PRO, SOB, CargarDatosTFX, 00
19554 2023-06-29 12:02:07.487, 2023-06-29 12:02:07.487, 974, 479926A08EA58FA05F9AE89193B6CA63, PRO, SOB, CargarEstudiantesDepartamento, 00
19555 2023-06-29 12:17:27.420, 2023-06-29 12:17:25.517, 1457, 062F7165F9F58F17EA28C8754BCCEC92, EST, IUD, EstudianteDepositoFicherosTFX, 00
19556 2023-06-29 12:24:11.733, 2023-06-29 12:24:11.548, 1457, 062F7165F9F58F17EA28C8754BCCEC92, EST, SOP, DescargarFichero, 00
19557 2023-06-29 12:24:45.920, 2023-06-29 12:24:45.913, 1457, 062F7165F9F58F17EA28C8754BCCEC92, EST, SOP, DescargarFichero, 00
19558 2023-06-29 12:24:53.570, 2023-06-29 12:24:53.563, 1457, 062F7165F9F58F17EA28C8754BCCEC92, EST, SOP, DescargarFichero, 00
19559 2023-06-29 12:25:02.569, 2023-06-29 12:25:02.561, 1457, 062F7165F9F58F17EA28C8754BCCEC92, EST, SOP, DescargarFichero, 00
19560 2023-06-29 12:41:34.744, 2023-06-29 12:41:34.715, 46, 2F63C361A11321EEEE173B7C1D6CF393F, PAS, LIN, Acs, 00
19561 2023-06-29 12:41:35.049, 2023-06-29 12:41:35.048, 46, 2F63C361A11321EEEE173B7C1D6CF393F, PAS, SOB, PASGetRolesYTipos, 00
19562 2023-06-29 12:42:18.444, 2023-06-29 12:42:18.444, 46, 2F63C361A11321EEEE173B7C1D6CF393F, SDE, AUX, ComunSessionDatosTFX, 00
19563 2023-06-29 12:42:20.150, 2023-06-29 12:42:20.144, 46, 2F63C361A11321EEEE173B7C1D6CF393F, SDE, SOP, DescargarFichero, 00
19564 2023-06-29 12:42:31.606, 2023-06-29 12:42:31.600, 46, 2F63C361A11321EEEE173B7C1D6CF393F, SDE, SOP, DescargarFichero, 00
19565 2023-06-29 12:42:55.546, 2023-06-29 12:42:55.543, 46, 2F63C361A11321EEEE173B7C1D6CF393F, SDE, SOB, DescargarFichero, 00
    
```

Figura 2. Muestra del contenido del fichero.

Utilizando la herramienta KNIME se ha realizado un análisis básico de los datos obtenidos.

Una vez obtenidos estos resultados iniciales, se ha establecido la conveniencia de enriquecer los datos con valores calculados a partir de los originales, generando nuevas categorías y sustituyendo los ID por nombres legibles. En la Fig. 3 se puede apreciar uno de estos flujos de trabajo KNIME para el enriquecimiento de los datos.

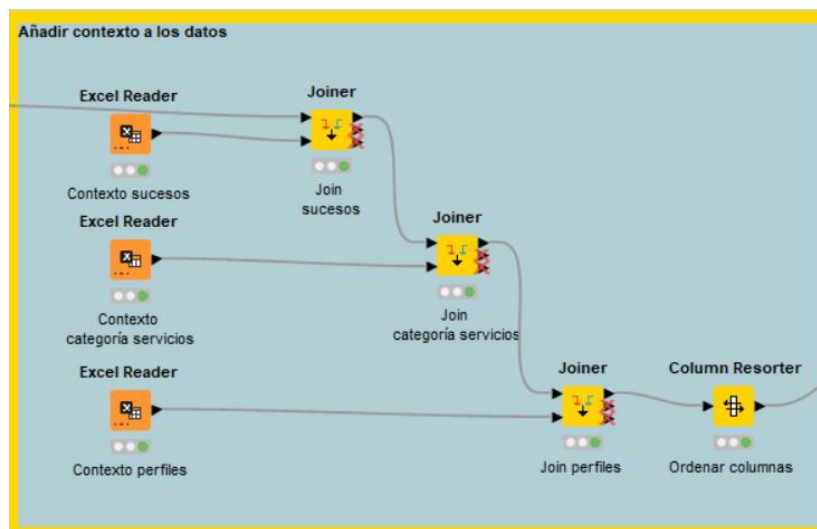


Figura 3. Workflow KNIME para enriquecer los datos contextualmente.

Una vez añadidos los valores en las columnas de enriquecimiento, la estructura del fichero será como la que se presenta en la Tabla III, siendo los campos en cursiva los nuevos.

TABLA III ESTADO DE LOS LOGS TRAS LA INCLUSIÓN DE NUEVAS COLUMNAS

Campo	Tiempo final	Tiempo inicial	ID usuario	ID sesión	Perfil	Categoría servicio	Nombre servicio	Suceso	Causa suceso	Categoría suceso
Tipo de dato	DateTime	DateTime	int	int	String	String	String	String	String	String

Una vez realizado el enriquecimiento de los datos contamos con datos más legibles con los que podemos realizar algunos análisis, por ejemplo, comprobar qué categorías de servicios son las más utilizadas. Como se ve en la Fig. 4, se trata de los servicios obligatorios de la aplicación, pese a que no sean lo más numerosos. Esto se debe a que se producen al navegar la aplicación con normalidad. Los servicios opcionales son mucho menos utilizados.

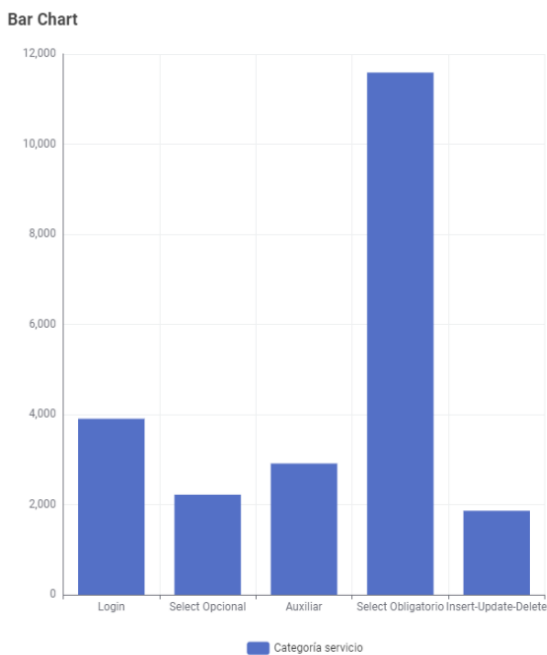


Figura 4. Histograma del uso de los servicios por categorías.

Además, se ha realizado una evaluación de los errores (recogidos en la columna de sucesos), respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Qué errores son los más comunes?
- ¿Qué perfiles los sufren más?
- ¿Qué usuarios los sufren más?
- ¿Qué servicios producen más errores?
- ¿Qué categorías de servicios producen más errores?
- ¿Qué categorías de errores son las más comunes?

Los resultados obtenidos, y representados en gráficas, como la que se puede observar en la Fig. 5 han ayudado a la identificación de comportamientos anómalos que han podido corregirse. Aunque no son el objetivo último de la metodología. Estos primeros resultados son valiosos para comprender que el procesamiento de logs mediante esta aproximación puede producir buenos resultados tras la aplicación de las técnicas previstas como continuación de este trabajo. También podemos considerar que estos resultados validan el contenido y formato de los datos, ya que hemos podido procesarlos de forma eficaz en este entorno y se podrá continuar procesando los mismos y ejecutando algoritmos mediante el acceso a librerías en Python.

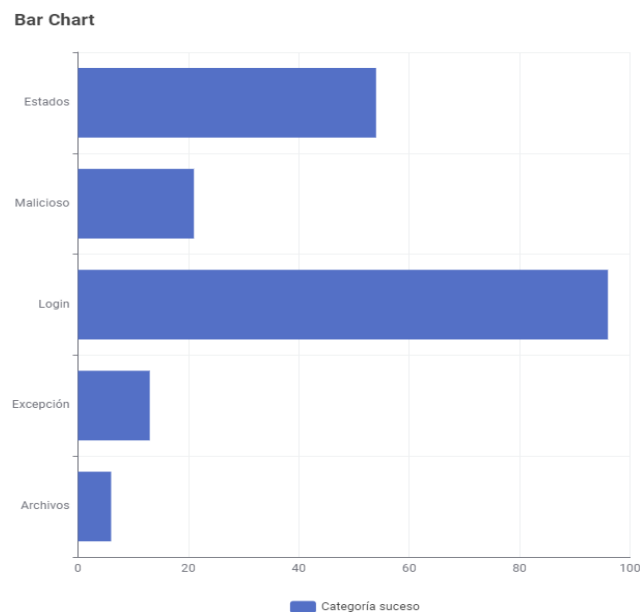


Figura 5. Gráfica obtenida con KNIME sobre las categorías de sucesos que se pueden calificar como error.

VI. CONCLUSIÓN Y FUTUROS TRABAJOS

La primera conclusión obtenida de los trabajos realizados es que los ficheros de log están infrutilizados ya que podrían ser una gran herramienta para el seguimiento del comportamiento de las aplicaciones y sus usuarios, pero hace falta un trabajo importante para la definición de sus posibilidades y de la extensión de su uso. En el momento actual, se utilizan únicamente para la realización de estadísticas y la detección de errores, en la mayoría de los casos.

También se puede concluir como resultado de lo realizado, que efectivamente los logs pueden servir para el propósito que se había planteado una vez que se reformulan en cuanto a contenido y método de generación.

Otro de los posibles resultados es que las herramientas existentes no ofrecen todo lo que podría obtenerse de los ficheros de log, pero avanzan en la dirección apropiada y podrían ser de ayuda para estas tareas en el futuro.

En cuanto a los trabajos futuros que se plantean como continuación del trabajo presentado, podemos plantear la propuesta de unas directrices para la producción de ficheros de log y la aplicación de técnicas de Ciencia de Datos sobre los ficheros que se obtienen. Esta tarea de aplicación de técnicas de análisis se ha iniciado, aunque aún está pendiente de empezar a producir resultados, aunque ya se han desechado algunas técnicas y detectado posibilidades prometedoras para este proceso como el uso de n-gramas.

VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo quieren agradecer el soporte recibido al proyecto “Software Quality Assurance for Microservice Development Operations Engineering” - uDevOPs (H2020-MSCA-RISE-2019 grant agreement No 871342).

VIII. REFERENCIAS

- [1] A. A. Mubarak, H. Cao, W. Zhang (2022) Prediction of students' early dropout based on their interaction logs in online learning environment, *Interactive Learning Environments*, 30:8, 1414-1433, DOI: 10.1080/10494820.2020.1727529
- [2] X. Hu, G. Li, X. Xia. Deep code comment generation with hybrid lexical and syntactical information. *Empirical Software Engineering* 25, 2179–2217 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10664-019-09730-9>
- [3] L. Zhenhao, C. Tse Hsun, S. Weiyi. Where shall we log?: studying and suggesting logging locations in code blocks. *ASE '20: Proceedings of the 35th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering* December 2020 Pages 361–372 <https://doi.org/10.1145/3324884.3416636>
- [4] C. Benjamin Benni. Enabling white-box reasonings on black-box composition operators in a domain-independent way. *Software Engineering [cs.SE]. COMUE Université Côte d'Azur (2015 - 2019)*, 2019. English.
- [5] S. Locke, H. Li, T. -H. P. Chen, W. Shang and W. Liu, "LogAssist: Assisting Log Analysis Through Log Summarization," in *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 48, no. 9, pp. 3227-3241, 1 Sept. 2022, doi: 10.1109/TSE.2021.3083715.
- [6] J. Cândido, J. Haesen, M. Aniche and A. van Deursen, "An Exploratory Study of Log Placement Recommendation in an Enterprise System," 2021 IEEE/ACM 18th International Conference on Mining Software Repositories (MSR), Madrid, Spain, 2021, pp. 143-154, doi: 10.1109/MSR52588.2021.00027.

Desarrollo de una aplicación móvil para realizar visitas al parque de El Retiro de Madrid

Development of a mobile application to make visits to the park of El Retiro in Madrid

Antonio Sarasa-Cabezuelo
Universidad Complutense de Madrid- España
asarasa@ucm.es

Resumen —El Retiro es uno de los parques más importantes de Madrid conocido por su extensión y por ser un patrimonio histórico-cultural de la ciudad. Sus enormes dimensiones contienen diferentes especies vegetales, monumentos, lugares de visita y servicios, de manera que se hace necesario disponer de alguna herramienta que permita al visitante orientarse para poder visitarlo y acceder a todos los lugares que ofrece. En este artículo se describe una aplicación móvil de tipo Android en la que se ha implementado una herramienta orientado específicamente al visitante del parque que le ofrece un conjunto de servicios de valor añadido orientados a facilitar al visitante una visita intuitiva e interactiva a través del parque mediante servicios como la búsqueda de lugares, la generación de rutas, el acceso a información sobre cada recurso del parque o la explotación de la geolocalización del móvil para ofrecer otro tipo de servicios.

Palabras clave; app Android; El Retiro; geolocalización; API Rest; servicios de valor añadido

Abstract —El Retiro is one of the most important parks in Madrid known for its extension and for being a historical-cultural heritage of the city. Its enormous dimensions contain different plant species, monuments, places to visit and services, so it is necessary to have some tool that allows the visitor to orient himself in order to visit it and access all the places it offers. This article describes an Android-type mobile application in which a tool specifically oriented to park visitors has been implemented, offering a set of value-added services aimed at providing visitors with an intuitive and interactive visit through the park through services such as the search for places, the generation of routes, access to information on each resource in the park or the use of mobile geolocation to offer other types of services.

Keywords; android app; Retirement; geolocation; API Rest; value added services

I. INTRODUCCIÓN

El Retiro es uno de los parques más importantes de la ciudad de Madrid [1] que contiene una enorme cantidad de árboles, plantas y flores de diferentes orígenes así como monumentos, lugares de paseo, establecimientos donde comer y beber, fuentes, edificios emblemáticos o servicios como aseos, alquiler de barcas, entre otros. Las enormes dimensiones del parque hacen necesario que los visitantes dispongan de un mapa o guía si quieren orientarse o buscar un lugar concreto dentro del parque. Actualmente, el ayuntamiento de Madrid ofrece una guía digital que se reduce a un mapa donde aparecen los lugares más interesante con una pequeña explicación de cada uno de ellos. Un problema general de los mapas [2] ya sean digitales o físicos es la necesidad de tener una buena orientación espacial, y la capacidad de interpretar correctamente la información reflejada en el mapa. Además, los mapas son un recurso estático dado que generalmente no permite otra interacción que la búsqueda de información, no ofreciendo otras formas alternativas de explotación de la información.

Actualmente, todos los ámbitos de la sociedad están viviendo un proceso de digitalización [3] de la información que ofrece la posibilidad de crear herramientas interactivas con un gran número de posibilidades, eficientes, intuitivas y adaptadas a múltiples necesidades. Y dentro de este proceso, destaca de

manera sobresaliente, el desarrollo de aplicaciones para móviles. El móvil se ha convertido en una herramienta indispensable [4] para un gran número de actividades que se realizan diariamente, desde actividades de ocio como leer libros, ver películas o series, escuchar música, hasta actividades laborales como contestar emails o acudir a una videoconferencia, económicas como invertir en bolsa o realizar transacciones con el banco. Así la combinación de digitalización implementada mediante aplicaciones móviles [5] se ha convertido en el principal vehículo de desarrollo tecnológico de los últimos años. En este sentido, uno de los ámbitos de la sociedad donde se ha apostado por esta fórmula de digitalización es el turismo. Este sector económico se vio afectado de forma muy importante durante la pandemia de la Covid-19 al producirse un parón en la actividad turística a nivel mundial. Sin embargo, muchas empresas del sector, aprovecharon esta situación para poner en marcha proceso de digitalización [6] del negocio con el objetivo de ofrecer servicios de valor añadido que facilitarían a sus clientes el uso de sus servicios. En el caso particular, de los turistas que acuden a realizar una visita [7] de un lugar como un parque, un museo o una ciudad, éstos requieren de herramientas que les permitan acceder a la información de una forma rápida, simple e intuitiva. Es por ello, que una aplicación móvil se convierte en la solución más óptima dado que el turista la lleva consigo en su móvil [8], no le ocupa lugar, tiene acceso a internet y lo más importante es que le puede ofrecer una amplia gama de servicios o funciones para acceder y consumir información. Así, se pueden encontrar aplicaciones [9] que ofrecen información acerca de los objetos que se están visitando como cuadros, monumentos, árboles y otros mediante el uso de sensores [10] que se comunican con el móvil de forma que muestran al usuario información específica de dicho objeto al ser detectado, aplicaciones que utilizan realidad virtual [11] o realidad aumentada [12] que permiten interactuar virtualmente con los recursos del lugar visitado o aplicaciones que utilizan la geolocalización que dispone el móvil para ofrecer servicios de valor añadido tales como rutas, información sobre lugares de interés cercanos al lugar que se está visitando como restaurantes, museos cercanos, medios de transporte y otros servicios. En el caso particular del parque de El Retiro se tienen algunas aplicaciones tales como ParqueRetiroMadrid [13]. Es la aplicación oficial del Retiro de Madrid que permite una navegación intuitiva catalogando la información como imprescindible para lo cual recoge todos aquellos puntos que son interesantes en una visita por El Retiro. Además acompaña esta información con una breve descripción y con la posibilidad de ver la ubicación en el mapa. También permite realizar una exploración que muestra toda la información en familias genéricas y permite filtros según se navega. Por último dispone de la opción mapa q ue muestra un mapa estático del Parque del Retiro en que coloca todos los puntos de interés dentro del parque. Otra aplicación es Android Arboles de El Retiro que recoge toda la información botánica de El Retiro y muestra la lista de resultados según las preferencias que haya seleccionado el usuario en el menú principal. De cada resultado, se muestra una ficha que con una descripción y fotos del elemento. Así mismo, existen otras aplicaciones con funcionalidades más genéricas pero igualmente útiles para realizar una visita tales como Citymapper [14] (es una aplicación Android cuyo objetivo principal es usar la localización en tiempo real y crear recorridos de un punto a otro, mostrando las distintas posibilidades de trayecto que se pueden seguir), AroundMe [15] (aplicación móvil cuyo objetivo es mostrar las diferentes ubicaciones que están cerca de la ubicación del usuario tales como farmacias, cines, restaurantes, mostrando una lista de elementos que cumplen el filtro seleccionado mostrando información relevante tal como número de contacto, acceso a la web, ruta hasta la ubicación del punto seleccionado, almacenamiento de los lugares buscados en favoritos o añadir comentarios), o Madrid Móvil [16] (es la aplicación oficial del ayuntamiento de Madrid que permite realizar búsquedas de distintos servicios en la ciudad tales como aseos, aparcamientos, museos,... Para ello se utiliza la ubicación de estas y da la posibilidad a través de Google Maps de trazar una ruta e iniciar un recorrido hasta el punto seleccionado). Por último, existen aplicaciones similares para otros parques de Madrid como es el caso del Jardín Botánico que dispone de la aplicación móvil “RJB Museo vivo” [17] que implementa un sistema que muestra cada detalle del museo vivo que alberga el Jardín Botánico de Madrid.

El principal problema de aplicaciones como las citadas anteriormente es la falta de especificidad [18] en los casos de las aplicaciones más generalistas o los reducidos servicios de valor añadido que ofrecen las aplicaciones que son particulares del parque de El Retiro en las que no se aprovecha todas las posibilidades de explotación de la información.

Por otro lado, se puede realizar un análisis de la estructura de las aplicaciones móviles que se desarrollan para las visitas turísticas, y se pueden diferenciar tres tipos [19] de acuerdo a la naturaleza de los servicios que ofrecen. Así, se tienen aplicaciones que realizan una digitalización de los recursos [20] que disponen y ofrecen al usuario un sistema de navegación amigable e intuitiva sobre los recursos digitalizados en forma de una visita virtual. Generalmente, ofrecen funciones simples [21] basadas en la posibilidad de realizar búsquedas, visualizaciones, acceso a información relativa a las búsquedas, creación de una lista de búsquedas favoritas o la posibilidad de compartir las búsquedas con otros usuarios a través de redes sociales [22]. Otro tipo de aplicaciones más avanzadas se centran en ofrecer mayor información e interacción con los objetos del lugar visitado [23] así utilizando técnicas de realidad virtual [24] o realidad aumentada [25] permiten al usuario interactuar de forma virtual con los objetos visitados y ofreciendo así una rica experiencia interactiva. Por último, se encuentran aplicaciones que han apostado directamente por la virtualización de la visita, de manera que implementan una versión virtual del lugar donde el visitante realiza la visita en un

espacio virtualizado [26] interaccionando con los objetos, con otros usuarios virtuales y teniendo acceso a otros servicios como la manipulación de objetos y otro tipo de acciones. Precisamente, muchas de este último tipo de aplicaciones se están desarrollando utilizando la tecnología denominada metaverso [27].

Analizadas las necesidades que puede tener un visitante de El Retiro y de acuerdo a las posibilidades que ofrece la tecnología y tipos de aplicaciones similares que se han desarrollado, se planteó el desarrollo de una aplicación móvil específica del parque donde se primara la explotación de la geolocalización en tiempo real para ofrecer servicios interactivos con un acceso intuitivo y rápido que permitieran al usuario disfrutar de la visita del parque. En este sentido, en este artículo, se describe una aplicación móvil Android que ofrece diferentes recursos para realizar una visita al parque: un mapa interactivo que indica el lugar en el que se encuentra el usuario, lugares cercanos a su geolocalización, información sobre los recursos que se encuentran en el parque, búsqueda de lugares concretos y generación de una ruta guiada a un lugar desde el punto de origen en el que se encuentra el usuario, o la posibilidad de añadir comentarios acerca de los lugares o rutas visitadas de manera que sirvan de referencia a otros visitantes.

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. Finalmente, la sección 4 establece las conclusiones y un conjunto de líneas de trabajo futuro.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo principal de esta aplicación es ofrecer una herramienta interactiva que permita a los visitantes del parque acceder a sus recursos y a la información de una forma intuitiva y rápida, y de una forma más particular se tienen los siguientes objetivos más específicos:

- Facilitar al usuario toda la información de los distintos puntos de interés del parque.
- Proporcionar una lista de sendas con información que están previamente definidas.
- Permitir la visualización de la ubicación en tiempo real del usuario.
- Seleccionar dentro del mapa el punto al cual el usuario quiere desplazarse.
- Desarrollar una función que proporcione información durante un trayecto hacia un punto de interés.
- Facilitar la creación de los puntos que pueden formar parte de las diferentes sendas.

Para ello, se ha optado implementar una aplicación que utiliza una arquitectura cliente-servidor (Fig.1) donde el cliente está escrito mediante el lenguaje Kotlin, y desde la cual se realizan peticiones a dos APIs: la API de mapbox que proporciona toda la información necesaria para poder trabajar con la geolocalización, y una API de servicios que implementa las diferentes funciones de la aplicación y se encarga de procesar las peticiones del cliente y de interactuar con la base de datos. El objetivo de utilizar APIs es triple: facilitar el intercambio de información, ofrecer una mayor interoperabilidad dado que la aplicación podrá ser utilizada desde distintos dispositivos y favorecer el mantenimiento y reutilización de la funcionalidad implementada.

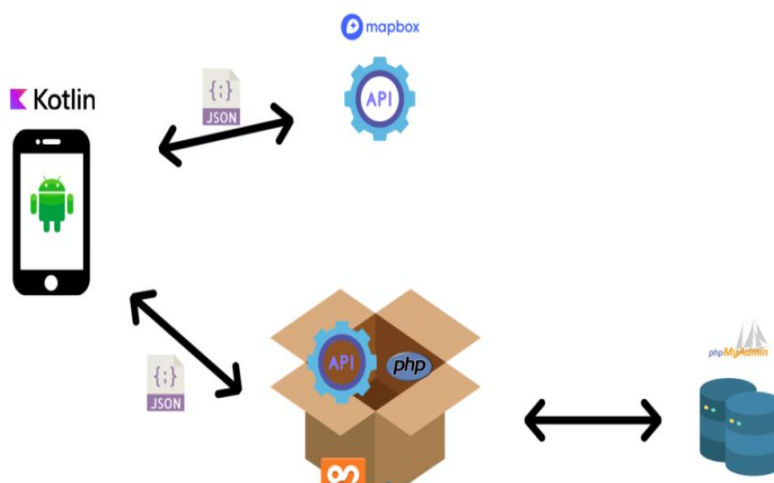


Figura 1. Arquitectura de la aplicación.

Respecto a la persistencia de la información, se ha utilizado una base de datos relacional de tipo MySQL donde se ha definido ocho tablas que almacenan los datos referidos a los puntos de interés, sendas, información de los usuarios, comentarios que realizan los usuarios en los foros, y otra información relevante de la aplicación.

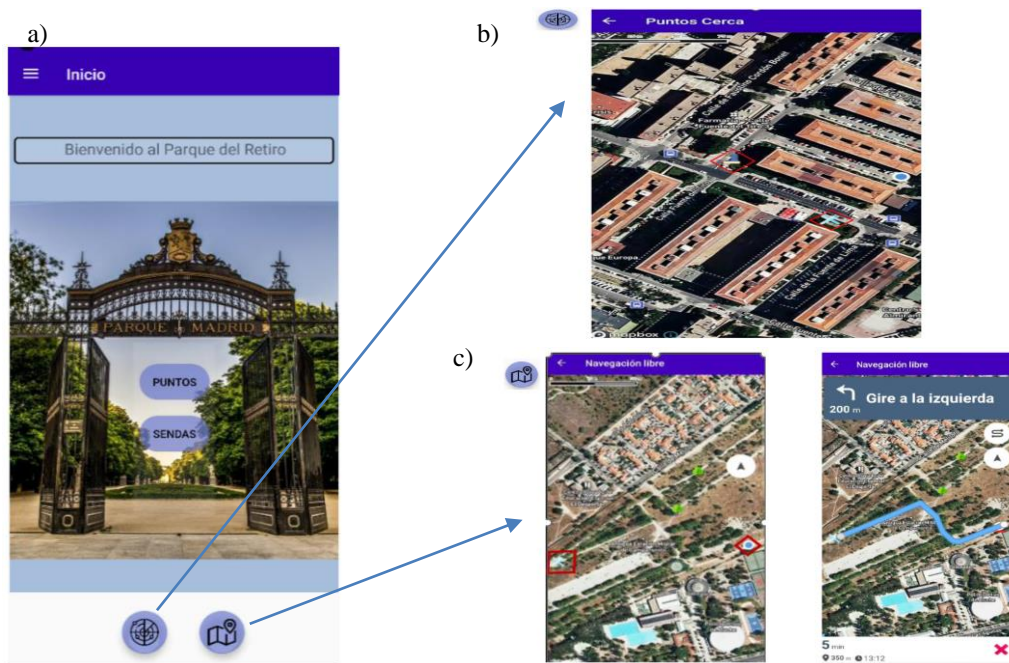


Figura 2. a) Pantalla de inicio, b) Función radar, c) Navegación libre

III. RESULTADOS

En la aplicación se definen dos actores diferentes:

- Usuario sin registrar: Aquellos usuarios que no se han registrado y que tienen acceso a las funciones básicas de la aplicación.
- Usuario registrado: Aquellos usuarios que se han registrado y tienen acceso a todas las funcionalidades que ofrece la aplicación.
- Administrador: Es el usuario que gestiona toda la información de la aplicación

A continuación, se van a comentar las diferentes funciones que se han implementado:

A. Pantalla inicial

La aplicación dispone de una pantalla inicial (Fig. 2.a) en la que se muestran dos botones que dan acceso a las funcionalidades principales de punto de interés y sendas. Así mismo, en la parte inferior aparecen dos iconos que permiten utilizar la función “Radar” (Fig. 2.b) y navegación libre (Fig. 2.c). La primera función muestra una pantalla con un mapa que contiene la ubicación del usuario en tiempo real junto a todos aquellos puntos de interés registrados en el sistema y se encuentran a una distancia inferior a 100 metros. Por otro lado, la función de navegación libre muestra también la ubicación en tiempo real del usuario sobre un mapa junto a todos los puntos de interés registrados en el sistema pero sin filtro de distancia y activada una función que genera las instrucciones en tiempo real para llegar a un punto seleccionado (para ello basta realizar una pulsación larga sobre el punto de interés y se genera la ruta).

En la propia pantalla principal existe un menú lateral (Fig.3.a) en la parte superior donde se muestran un conjunto de funciones: iniciar sesión, registrarse, puntos de interés y sendas. El usuario no registrado puede realizar el registro pulsando la opción de registrarse (Fig.3.b), que le mostrará un formulario donde debe rellenar un conjunto de datos: nombre, correo electrónico, usuario y password, Así, una vez registrado podrá iniciar sesión pulsando en la opción de inicio de sesión (Fig3.c) y acceder a su cuenta (Fig.3.d)



Figura 3. a) Menú lateral, b) Registro, c) Inicio de sesión, d) Cuenta de usuario

Desde la cuenta de usuario además de poder acceder a cualquiera de las funcionalidades de la aplicación, el usuario puede modificar los datos de su cuenta, darse de baja o cambiar la contraseña.

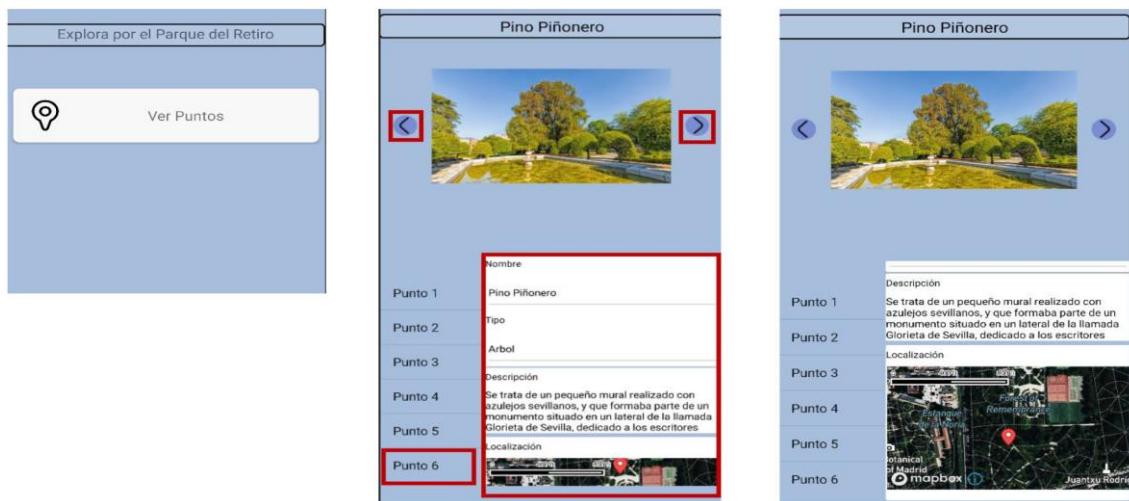


Figura 4. Visualizar punto de interés

B. Visualizar puntos de interés

Una de las funciones principales de la aplicación es la visualización de los puntos de interés registrados en la aplicación. Cuando se accede a dicha funcionalidad bien desde la pantalla inicial o bien desde el menú lateral, se muestra una nueva pantalla (Fig.4.) en la que aparece un listado con todos los puntos de interés del parque. Al seleccionar cualquiera de ellos entonces se muestra en la parte inferior derecha un cuadro de datos con información acerca del punto de interés seleccionado (nombre, tipo, descripción y la localización del punto seleccionado) y en la parte superior se muestra una secuencia con las diferentes imágenes disponibles en la aplicación sobre el punto de interés seleccionado junto a unas flechas que permiten navegar sobre las imágenes. Cuando el usuario se encuentra registrado, entonces dispone de una funcionalidad extra en la visualización de puntos de interés denominada “navegación punto a punto” (Fig.5.) a la que se accede mediante un icono en la parte superior. Cuando se pulsa el mismo, aparece un mapa donde se muestra la ubicación en tiempo real del usuario junto a 4 iconos:

- Play (1): Permite iniciar el trayecto hacia la ubicación del punto de interés.
- Ver trayecto (2): Hace zoom alejando para poder visualizar la ruta completa.
- Centrar (3): Acerca la imagen para ver la ruta más cerca.
- Cancelar (4): Cancela la navegación.

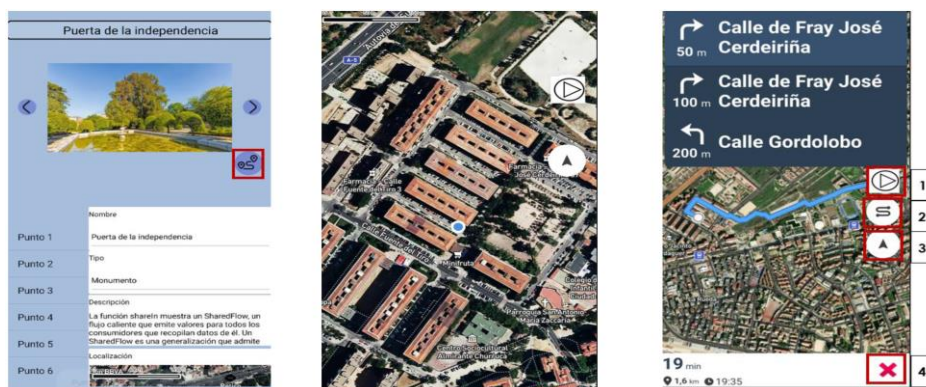


Figura 5. Función navegación punto a punto.

C. Visualizar sendas

Esta funcionalidad muestra el conjunto de sendas registradas en la aplicación y que permiten al usuario realizar determinados paseos por el Retiro. Se accede a esta funcionalidad desde la pantalla inicial o bien desde el menú lateral, mostrando una nueva pantalla (Fig.6.) en la que aparece un listado con todas las sendas registradas en la aplicación. Al seleccionar cualquiera de ellas entonces se muestra en la parte inferior derecha un cuadro de datos con información acerca de la senda seleccionada (nombre, intensidad, distancia, descripción), a continuación un botón de “Ver ruta” y en la parte superior se muestra una secuencia con las diferentes imágenes disponibles en la aplicación sobre la senda seleccionada junto a unas flechas que

permiten navegar sobre las imágenes. Cuando se pulsa sobre el botón de “Ver senda”, se muestra una pantalla que permite visualizar en el mapa, la ruta con todos los puntos de interés que la contienen.

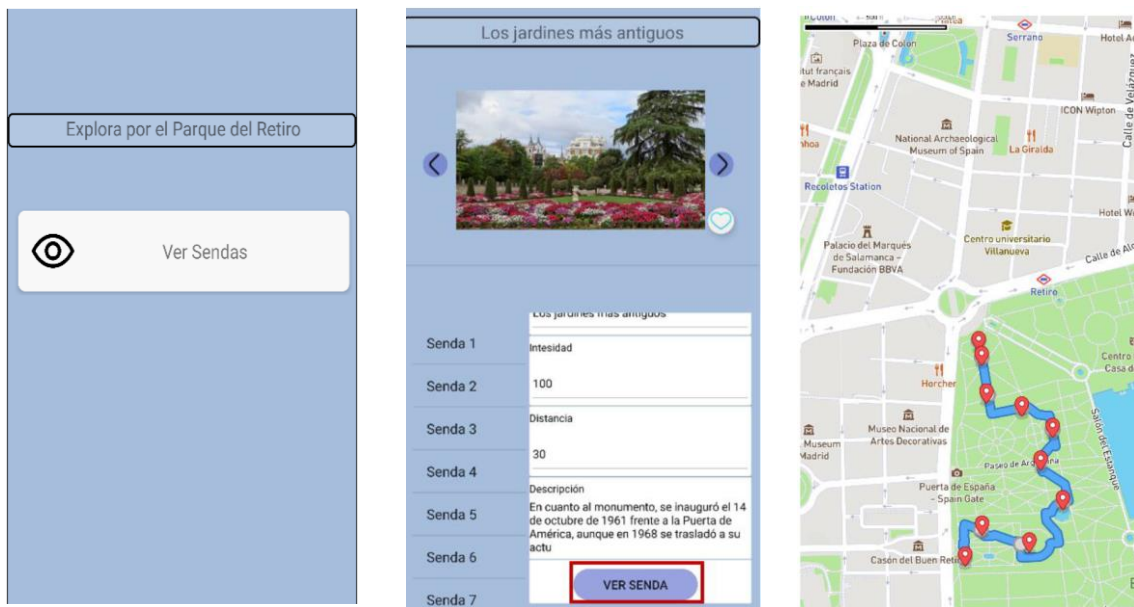


Figura 6. Función Ver Sendas

En el caso del usuario registrado, éste dispone de una funcionalidad adicional dado que al seleccionar una senda de la lista de posibles sendas, entonces aparece un nuevo icono en forma de corazón que al pulsarlo permite guardar la senda en una lista de sendas favoritas del usuario (Fig. 7). Así mismo, el usuario puede acceder al conjunto de sendas favoritas desde una opción denominada “Favoritos” que aparece junto al icono de “Ver sendas”. Cuando se pulsa sobre “Favoritos”, se muestra una pantalla con todas las sendas que el usuario ha guardado como favoritas y dispone de las mismas funciones de visualización que en la funcionalidad de listas de sendas más la opción de eliminar senda de favoritas.

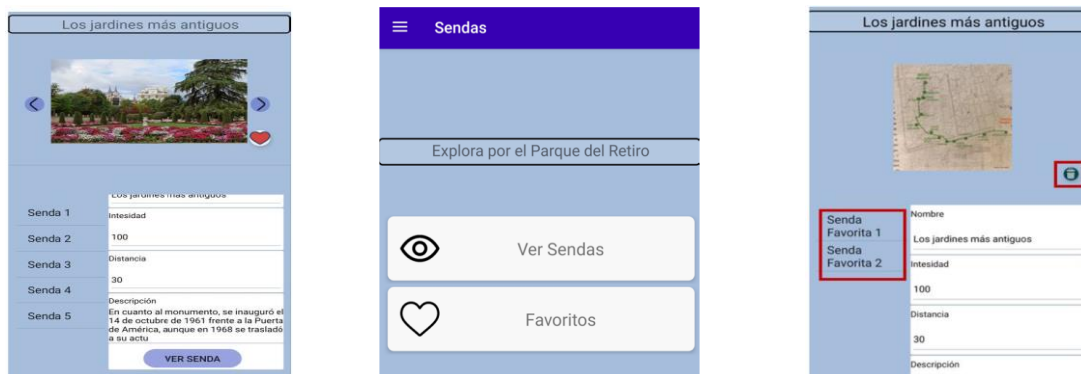


Figura 7. Función sendas favoritas

D. Administrador

Las funciones del administrador se centran principalmente en el mantenimiento de la información que ofrece la herramienta de manera que tiene asociadas dos funciones: Visualizar y añadir puntos de interés, y Visualizar y añadir Senda. Para la primera función (Fig.8) dispone de una pantalla desde la cual puede crear, modificar o eliminar un punto. Cuando selecciona crear un punto, se despliega un formulario donde rellena los datos del punto de interés, añade las coordenadas del punto y por último añade las imágenes asociadas a dicho punto de interés. En particular cuando añade las coordenadas al punto, tiene la posibilidad de visualizar en un mapa en qué lugar se está situando al punto de acuerdo a las coordenadas proporcionadas. Por su parte, la opción modificar muestra una pantalla con la información del punto de interés editable y con la posibilidad de añadir nuevas imágenes al punto de interés. Una vez finalizada la actualización, se dispone de un botón guardar que permite almacenar los cambios realizados. Por último, la opción eliminar punto muestra una lista con todos los puntos de interés registrados en el sistema. Basta seleccionar un punto del listado, y se mostrará toda la información del punto junto a un botón que permite eliminar el punto de interés seleccionado.

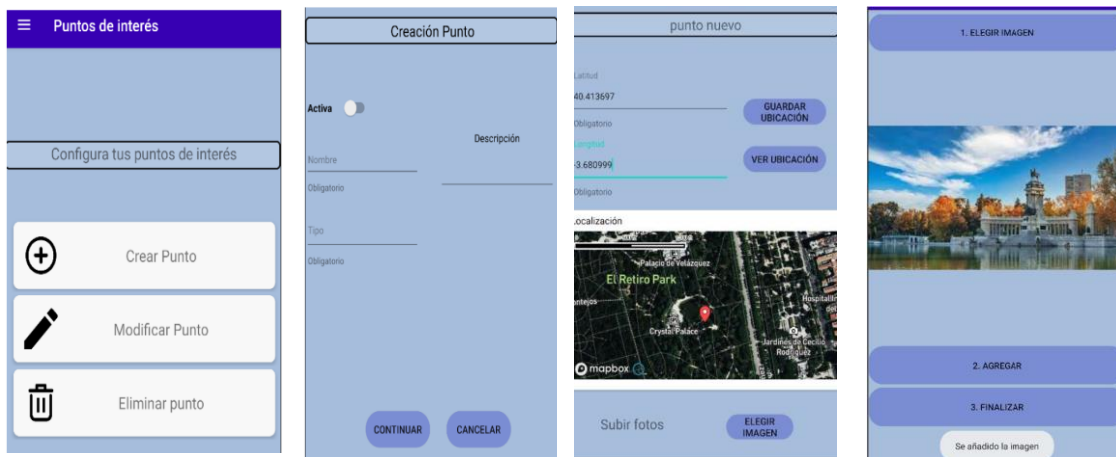


Figura 8. Secuencia de crear punto de interés.

Por último, el administrador puede realizar el mantenimiento de las sendas. Para ello, dispone de una pantalla desde la cual puede crear, modificar o eliminar una senda. Cuando selecciona crear una senda (Fig. 9), se despliega un formulario donde se agregan los puntos que van a formar parte de la misma. Con este objetivo, se muestran todos los puntos disponibles y un cuadro de información en el que se encuentra el tipo y la localización. Una vez seleccionados los puntos, se vuelve al formulario de datos de la senda y se pulsa sobre el botón crear ruta pudiendo a continuación añadir fotos asociadas a la misma. De la misma forma que en el caso de la función anterior, también es posible modificar una senda o eliminarla del sistema desde pantallas con opciones similares a las vistas en el caso anterior.

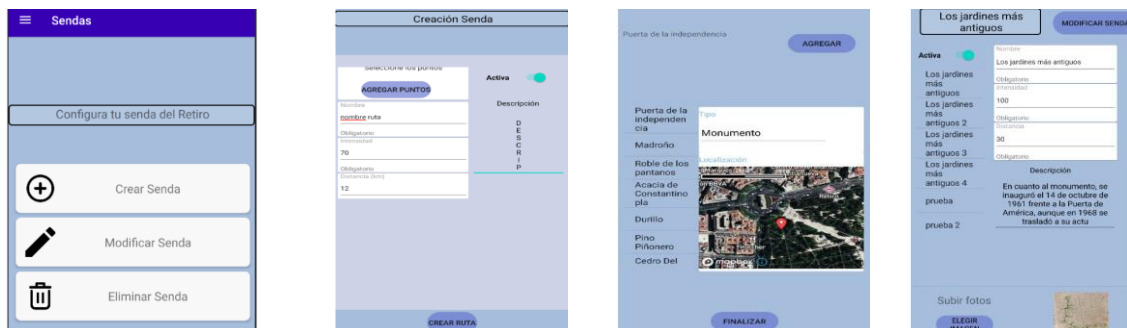


Figura 9. Secuencia de crear senda

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se ha descrito una aplicación móvil orientada específicamente a aquellas personas que realizan una visita al parque de El Retiro, con el objetivo de ofrecer una herramienta que facilite sus visitas. Para ello, la herramienta implementa un conjunto de servicios centrados principalmente en explotar la geolocalización del móvil para facilitar a los usuarios el acceso a los diferentes puntos de interés del parque o la realización de sendas o paseos a lo largo del mismo que permiten ver los lugares más emblemáticos del parque. Así, uno de los puntos fuertes de la aplicación se encuentra en llevar a cabo el recorrido de las sendas en tiempo real guiando al visitante por el parque. Así mismo, la aplicación permite ofrecer información de cada recurso o punto de interés que se encuentra en el parque. Sin embargo, la aplicación está abierta a mejoras, definiéndose así un conjunto de líneas de trabajo futuro:

- Implementación de un servicio de feedback donde los usuarios pueda publicar opiniones acerca del funcionamiento de la aplicación con el objetivo de poder mejorarla.
- Implementación de un sistema de foros centrados en los puntos de interés y en las sendas. El objetivo es facilitar una vía para complementar la información oficial que ofrece la aplicación en cuanto a los puntos de interés y a las sendas a través de la participación de los usuarios que podrían añadir opiniones o información acerca de las visitas realizadas y que servirían a otros futuros visitantes.
- Buscador de información. Actualmente la aplicación se ha estructurado en torno a los puntos de interés y a las sendas, sin embargo sería muy útil disponer de un buscador que permitiera realizar búsquedas libres sobre la información disponible en la aplicación.
- Recomendador. Este sistema podría recomendar lugares a visitar de acuerdo a las características e intereses del usuario y su semejanza con otros usuarios que previamente visitaron el parque

- Inclusión de herramientas de chats inteligentes. El objetivo sería aprovechar la potencia que ofrecen este tipo de sistemas inteligentes para ofrecer un nivel de interacción mayor y acceso más intuitivo a la información usando para las búsquedas lenguaje natural.

V. AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a Luis Gabriel Román Santillán por colaborar en la implementación del sistema descrito en el artículo.

VI. REFERENCIAS

- [1] Muñoz, M. C. A. (1990). Los Jardines del Buen retiro de Madrid. Ciudad y Territorio Estudios Territoriales, 3-26.
- [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] Guttentag, D. A. Virtual reality: Applications and implications for tourism. Tourism management, 2010, 31(5), 637-651.
- [10] 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.
- [11] Nincarean, 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Tavmen, G. (2020). Data/infrastructure in the smart city: Understanding the infrastructural power of Citymapper app through technicity of data. Big Data & Society, 7(2), 2053951720965618.
- [15] Fernández-Laso, M. C., & Ronco, M. Á. L. (2022). TOURIST-CULTURAL ROUTES IN THE COMMUNITY OF MADRID. Journal of Tourism and Heritage Research, 5(2), 216-237.
- [16] Keith, M. J., Thompson, S. C., Hale, J., Lowry, P. B., & Greer, C. (2013). Information disclosure on mobile devices: Re-examining privacy calculus with actual user behavior. International journal of human-computer studies, 71(12), 1163-1173.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] Lee, H., Jung, T. H., tom Dieck, M. C., & Chung, N. Experiencing immersive virtual reality in museums. Information & Management, 2020, 57(5), 103229.
- [23] Shehade, M., & Stylianou-Lambert, T. Virtual reality in museums: Exploring the experiences of museum professionals. Applied sciences, 2020, 10(11), 4031.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.

Desarrollo Base del Ecoetiquetado

Del ecoetiquetado al pasaporte del producto

Development Basis of Ecolabeling

Ecolabeling the product passport

Constanza Carolina Caminos, Valeria Funes, Rita Perez, Nelson Specchia

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba, Argentina.

constanzaccaminos@gmail.com

vfunes@gmail.com

rperez@gmail.com

nelson.specchia@gmail.com

Resumen — En el marco del “Proyecto de investigación: Comercialización y Consumo Sostenible para el Desarrollo e Implementación de Ecoetiquetas en el Proceso Productivo” radicado en el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba y en el GICAP que tiene como objetivo la evolución del ecoetiquetado a un pasaporte de producto. Debido a que este último informa todas las características y requisitos del bien, en cambio la ecoetiqueta es solo un símbolo que indica que el producto es amigable con el medio ambiente. Por ende, se busca combinar las ecoetiquetas con un código escaneable, para poder acceder a la información del bien. Obteniendo como resultado que las empresas y personas se inclinen hacia productos de estas características creando una economía circular que nos lleve a un consumo sostenible.

Palabras clave; desarrollo, producto; ecoetiqueta, pasaporte, medio ambiente.

Abstract — Within the framework of the "Research project: Marketing and sustainable consumption for the development and implementation of eco-labels in the production process" based in the Department of Industrial Engineering of the Universidad Technological Nacional Regional Córdoba and GICAP, which aims at the evolution of eco-labeling to a product passport. Since the latter informs all the characteristics and requirements of the good, the ecolabel is only a symbol that indicates that the product is environmentally friendly. Therefore, the aim is to combine eco-labels with a scannable code, in order to access the information of the good. As a result, companies and individuals are inclined towards products with these characteristics, creating a circular economy that leads to sustainable consumption.

Keywords; sustainable consumption, product; ecolabel; passport; environment.

I. INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia generar un sistema inteligente fundamentado en desarrollo sostenible que permita identificar e informar acerca del bien producido, utilizando como base las certificaciones ambientales y medios. Estos son el pasaporte de productos europeo y ecoetiquetas, los cuales tienen el fin de ayudar a la toma de decisiones en cuanto al business to business e inclinar a las empresas a imitar estas políticas o estrategias con el objetivo de terminar con la economía lineal.

II. DESARROLLO DE CONTENIDO

Tanto las empresas, como los consumidores toman conciencia sobre la situación ambiental, los productos que adquieren, su origen, composición, características y atributos que pasaron a darle forma.

El impacto ambiental negativo en el ciclo de vida de los productos, la poca eficiencia energética y de recursos, además de la falta de desarrollo de una economía circular nos lleva a buscar nuevas estrategias, tecnologías y normas para hacer frente a estas situaciones.

A partir de esto, se plantea el desarrollo de un sistema inteligente, que permita tomar decisiones en el business to business, para cumplir los objetivos de desarrollo sostenible, teniendo en cuenta certificaciones que regulen el buen manejo y cuidado de los recursos utilizados para el cuidado medio-ambiental. Este sistema identifica, recopila datos sobre un producto, su cadena de suministro y pone esta información a disposición de todas las partes interesadas, incluidos los consumidores, para que puedan comprender mejor los productos que utilizan y su impacto. Esta mayor disponibilidad y trazabilidad de los datos pretenden facilitar la transición a una economía circular.

Como referencia se toma al [1]: “Pasaporte de productos europeo que comparten información del producto en toda la cadena de valor, incluidos los datos sobre la extracción de materias primas, la producción, el reciclaje, etc.” Estos datos se estructuran en forma digital e incluyen toda la información sobre la trazabilidad del producto, desde el método de cultivo en los alimentos, o el proceso productivo, hasta la historia del productor, así como sus valores y compromisos.

[2] :“En principio, el pasaporte electrónico de producto apunta a tres categorías de producto: TIC, baterías y una tercera línea a elegir entre otras tres verticales (construcción, textil o packaging).”

Los principales ámbitos en los que los pasaportes de productos pretenden marcar la diferencia son:

- Producción más sostenible.
Aumentar la eficiencia material y energética, prolongar la vida útil de los productos y optimizar su uso.
- Modelos de negocio circulares.
Permite a las empresas implantar modelos de negocio basados en el servicio y la reparación.
- Decisiones de compra bien informadas.
Ayudar a los consumidores a tomar decisiones más sostenibles y controlar su impacto.
- Verificar el cumplimiento de las obligaciones legales.
Administrar un registro en toda la UE de las normas y certificaciones que cumple un producto.[3]

En el pasaporte se detalla cual es condición, su diseño y presentación, la información como los fabricantes, distribuidores y a la vez una disponibilidad por parte de quien requiera esta información como los clientes, autoridades gubernamentales, entre otros. Está información tendrá libre acceso, como se mencionó anteriormente, para quien desee investigar sobre el producto. Diferente será si se desea modificar esta información, ya que el acceso a esto solo estará permitido a ciertos sectores para garantizar la fiabilidad e integridad de los datos. [4]

El pasaporte deberá cumplir ciertos requisitos técnicos y condiciones de uso. El mismo estará conectado a un sistema inteligente, que almacena y maneja los datos de los productos en servidores, que lo identificará físicamente a través de etiquetas que estarán presentes en el producto y/o en su embalaje con su respectivo código QR. El pasaporte del producto se diferencia del ecoetiquetado, que solo nos indica que el bien es amigable con el ambiente en los procesos de elaboración que normalmente son dañinos, ya que nos brinda una información profunda y detallada del ciclo de vida total del producto, y las organizaciones intervinientes, medios y productos utilizados, políticas, normas, entre otros.

Como resultado se pretende que la utilización de este nuevo sistema inteligente incline no solo a las empresas en su participación sino también a personas. Llevando cada vez en mayor medida a que todos formen parte y utilicen estos medios, como requisito para el business to business, que llevaran a un mercado que abarque un manejo cada vez más completo de una economía circular y a un mejor cuidado y manejo de la energía, recursos y del medio ambiente.

Es importante destacar que las ecoetiquetas no solo son un instrumento informativo, sino que influyen en el comportamiento de los consumidores y los productores, al tener que detallar el impacto de los bienes y servicios en el medio ambiente. En ese sentido, vendría a actuar sobre las externalidades negativas reales de los agentes económicos al desarrollar sus actividades.

III. CONCLUSIONES

Es necesario un desarrollo en el ecoetiquetado, para que tanto personas como empresas, que forman parte de la distribución y el desarrollo de bienes tomen conciencia del impacto que generan en el ambiente estos productos. Esto llevaría a una búsqueda total de una economía circular que guíe a la mayoría de las empresas a formar parte de este mercado.

Aquellas empresas que no destinen recursos o interés en políticas sostenibles perderán en competencia frente a las que sí lo hagan, debido a la concientización de la sociedad.

IV. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer al director de Departamento de Ing, Industrial Jorge Abet; y a los becarios Natalia Logarez y Lautaro Salto por el apoyo constante a la Investigación.

V. REFERENCIAS

- [1] Maayke Aimée Damen, Lonne Van Doorne, Merle Stepke-Müller, Alexander Meyer zum Felde y Holger Rubel, "The EU Digital Product Passport: how can companies prepare for it today?". <https://www.wbcds.org/Overview/News-Insights/WBCSD-insights/EU-Digital-Product-Passport>
- [2] Ana Delgado, "What is the electronic product passport (and why it will benefit your company)". "Qué es el pasaporte electrónico de producto (y por qué va a beneficiar a tu empresa)" (24 de mayo 2022). <https://www.emprendedores.es/gestion/pasaporte-electronico-producto/>
- [3] Andreas Nobell, "What digital product passports are and why you need to care" (8 de septiembre 2022). <https://tcocertified.com/es/blog/what-digital-product-passports-are-and-why-you-need-to-care>
- [4] Víctor Moralo Iza, "Digital passport of products: the new European ecodesign regulation". "Pasaporte Digital de productos: el nuevo reglamento europeo de ecodiseño" (17 de marzo 2023). <https://revistabyte.es/legalidad-tic/pasaporte-digital-productos/>

Recursos STEM:

Aplicación de la herramienta PhET y Python

STEM workshop:

Application of the PhET and Python tool

Irene Hernández Ruiz, Carolina Gómez Fernández, Christian Chaverri Ramos, Maria Arias
Andres, Carolina Esquivel Dobles, Vilma Reyes Alvarado, Ignacio Bonilla Rojas

Universidad Nacional, Costa Rica

irene.hernandez.ruiz@una.cr, carolina.gomez.fernandez@una.cr, ccramos@una.ac.cr,
carolina.esquivel.dobles@una.cr, vilma.reyes.alvarado@est.una.ac.cr, ignacio.bonilla.rojas@est.una.ac.cr

Resumen — El presente trabajo permite describir un taller STEM para la herramienta PhET y Python, con el fin de que brinde a los participantes una visión sobre diversas simulaciones en el área de la ciencia ya existentes y poder desarrollar algunas de ellas en el lenguaje de programación Python. Este taller ha sido desarrollado en el marco de la Red para el Fortalecimiento y Divulgación de las Competencias STEM de Jóvenes y Docentes de la Universidad Nacional en Costa Rica (RED UNA STEM).

Palabras clave; programación, STEM, Python, PhET

Abstract — The present work allows to describe a STEM workshop for the PhET and Python tool, in order to provide participants with a vision of various existing simulations in the area of science and to be able to develop some of them in the Python programming language. This workshop has been developed within the framework of the Network for the Strengthening and Dissemination of STEM Competences of Youth and Teachers of the National University in Costa Rica (RED UNA STEM).

Keywords; programación, STEM, Python, PhET

I. INTRODUCCIÓN

Durante los años 90, the National Science Foundation (NSF) forjó el acrónimo «STEM» para agrupar los términos Ciencia (Science), Tecnología (Technology), Ingeniería (Engineering) y Matemáticas (Mathematics) En consecuencia, la educación STEM [1] corresponde a una agrupación de áreas temáticas que conforman un marco de referencia de construcción del conocimiento.

Desde los últimos años en Costa Rica un gran auge en el tema STEM [2], específicamente en el 2023 se han dado noticias sobre la importancia de más mujeres en carreras STEM, actividades que diferentes empresas[3][4] y el estado han desarrollado para propiciar ese conocimiento. Así también como empresas de software han desarrollado cursos gratuitos para el fomento de las STEM. También, ya se inauguró una escuela [5] totalmente con este enfoque e iniciativas como por ejemplo la del Banco Interamericano para el Desarrollo (BID) han logrado generar más espacios en esta temática[6].

Desde la Red UNA STEM de la Universidad Nacional en Costa Rica, se ha interesado en desarrollar actividades que promuevan en diferentes espacios las áreas STEM. De esta manera en este trabajo se presenta la descripción del taller: “*Taller STEM: Aplicación de la herramienta PhET y Python*” y los siguientes apartados: ii. marco teórico, iii. descripción de la Red UNA STEM, iii. descripción del taller, iv. trabajo futuro y v. conclusiones

II. MARCO TEÓRICO

El sitio web de simulaciones PhET¹ fue fundado en 2002 por el ganador del Premio Nobel Carl Wieman, este sitio es un proyecto de la universidad de Colorado en Boulder el cual crea simulaciones interactivas y de manera gratuita de matemáticas y ciencias. Estas simulaciones están basadas en investigaciones reales educativas las cuales pretenden involucrarse con el estudiante de manera dinámica, es decir, que el estudiante puede probar e involucrarse con la simulación en cuestión.

Este sitio web de simulaciones puede tener una gran importancia a nivel educativo ya que su enfoque de enseñanza es STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas). Enfoque trae muchas ventajas al estudiante como por ejemplo: fomenta la creatividad y la capacidad de innovación de no solo los estudiantes si no que, de cualquier persona, ya que este tipo de enfoque permite abordar ya sea un proyecto o un problema para lo cual los estudiantes deberán de explorar diferentes posibles soluciones. Otra habilidad importante que permite desarrollar es la relación y el desarrollo de habilidades digitales debido a que la tecnología es un componente de suma importancia es la educación STEAM y este sitio web no es la excepción ya que permite al estudiante probar y relacionarse con las diferentes simulaciones que hay en el sitio.

Existen algunos casos de éxito en el mundo acerca de PHET los cuales se encuentran en la tabla I:

Tabla I. Casos de Éxito en el mundo sobre PhET

País	Tema del artículo	Publico meta	Resultados
Indonesia[7]	Se realizó una serie de pruebas en un grupo de estudiantes de undécimo año del Colegio Serang 6, el cual dividieron en 2 grupos: un grupo control y un grupo experimental en el cual entre otras métodos, se probaron las herramientas del “PHET simulation software”.	Estudiantes de matemáticas y ciencias naturales de 11mo año del Colegio Serang 6 en la provincia de Banten	Los resultados de las pruebas realizadas por los estudiantes de la clase experimental (en la que se utilizó la practica con el “PHET simulation software”) fueron superiores a los realizados por los estudiantes pertenecientes a la clase control. Entre las conclusiones del artículo, se menciona que los resultados del aprendizaje con el uso o asistencia de PHET son 37% mejores a los del aprendizaje convencional.
Canada [8]	La profesora de física, Kristian Basaraba de la Universidad de Montana, realizo un proyecto de investigación sobre el impacto de las simulaciones del PHET y la exploración web en el entendimiento de sus estudiantes sobre las mecánicas newtonianas.	Estudiantes de física de la profesora Kristian Basaraba	Los estudiantes que utilizaron las simulaciones del PHET y la exploración web tuvieron una puntuación media de un 82% en los quices sobre los temas vistos, mientras la población que no utilizo dichas herramientas tuvo una puntuación media de 58%. Por lo que se pudo determinar un mejor rendimiento por parte de los estudiantes del grupo experimental.
Filipinas [9]	Estudio realizado para determinar qué tan significativo es el impacto del uso de las simulaciones de PHET en el mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes.	72 estudiantes de duodécimo año del Colegio de Baybay City	Los resultados no mostraron resultados que demuestren una gran diferencia entre el grupo control y el grupo experimental (en el que se aplicó el uso de las simulaciones de PHET), pero se mostró una leve mejora en los estudiantes del grupo experimental.
Indonesia [10]	Estudio realizado para comprobar la efectividad de la implementación de las simulaciones de PHET sobre los efectos foto-eléctricos en la comprensión conceptual del tema por parte de los estudiantes del SMAN 4 Surakarta, comparada con la forma “tradicional” de la enseñanza del tema.	Estudiantes del “State Senior High School 4 Surakarta”	Debido a que las simulaciones fáciles de crear y comprender de PHET, los profesores del grupo experimental que implementaron estas herramientas podían convertir conceptos abstractos en material visible y de más fácil comprensión. Además, que los estudiantes de la clase en la que se implementaron las simulaciones de PHET, se mostraron más activos en clases y mayor curiosidad mediante la discusión y preguntas realizadas sobre los temas vistos.

¹ <https://phet.colorado.edu/es/>

Estados Unidos de América [11]	<p>Estudio sobre los efectos de la implementación de las simulaciones de PHET, en las actividades académicas de los estudiantes de 7mo año en ciencias del Colegio Santa María.</p> <p>Para lo cual se estudió un grupo control de 42 estudiantes los cuales se mantenían con los métodos de enseñanza sin implementación de las simulaciones y un grupo experimental de 41 estudiantes en los cuales sí se implementaron las simulaciones de PHET.</p>	Estudiantes de 7mo año de “Science of Sta. Maria High School for School Year 2018-2019.”	<p>En base a los resultados de las pruebas antes y después de la implementación de las simulaciones de PHET en el grupo experimental, se puede notar una mayor mejora en el desempeño del grupo experimental comparado al del grupo control.</p> <p>Además, que, durante el experimento, se notó que los estudiantes del grupo experimental tenían mayor participación en clase y que los profesores ahorran tiempo de los laboratorios gracias a las simulaciones disponibles del PHET.</p>
--------------------------------	---	--	--

Fuente: elaboración propia

Python es un lenguaje de programación fácil de usar ya que cuenta con una sintaxis legible y clara semejante al lenguaje humano además de ser un lenguaje interactivo, lo que significa que es posible realizar pruebas y experimentos en tiempo real permitiendo a los usuarios explorar los datos y probar diferentes enfoques de análisis. Por otro lado, es un lenguaje que se integra bien con otros lenguajes de programación y herramientas de análisis de datos, permitiendo a los usuarios aprovechar las fortalezas de cada herramienta y lenguaje para el análisis de datos [12].

Actualmente, es muy utilizado para poder desarrollar el procesamiento de datos y la parte de análisis de la información por el conjunto de librerías que ya se encuentran disponibles para su uso.

Se plantea hacer un taller donde se visualice un problema por medio de simulaciones con el fin de explicar a los participantes las entradas, procesos y salidas importantes para el desarrollo de soluciones por medio de Python.

III. DESCRIPCIÓN DE LA RED UNA STEM

La Red UNA STEM² de la Universidad Nacional en Costa Rica busca incorporar activamente a miembros de la academia y el estudiantado de áreas STEM en actividades de intercambio directo con la sociedad, particularmente la niñez y adolescencia [12], la misma nace en el año 202 y está conformada por personal académico de la Facultad de Ciencias de la Tierra y Mar y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Con este objetivo se busca potenciar el más valioso recurso con que cuenta nuestra institución: el de las personas estudiantes y académicas, y de esta manera divulgar de una forma atractiva el conocimiento científico-tecnológico generado en la institución y que puede ser de gran utilidad para el público externo.

Actualmente, la red cuenta con una aula virtual institucional³ en la Fig. 1 se encuentra una imagen con recursos educativos sobre diferentes temas STEM con Python⁴, se cuenta con recursos educativos en el sitio: y con material de divulgación científica en sus redes sociales como Instagram, Twitter y Facebook (puede encontrarse como: @redunastemcr). Así como también con videos de entrevistas que se han realizado sobre ejemplos de mujeres exitosas en el área STEM con el fin de que puedan ser utilizados para motivar a más mujeres a estudiar estas áreas.

² <https://www.facebook.com/redunastemcr>

³ <https://www.aulavirtualppaa.una.ac.cr/>

⁴ <https://sites.google.com/una.cr/red-una-stem/inicio>



Figura 1. Aula Virtual del Proyecto. Fuente: Elaboración Propia

En esta red se ha procurado realizar talleres en las cuales se puedan profundizar las STEM pero sobre todo entrelazarlas y en la parte de la informática esto es posible. De esta manera se han desarrollado talleres en el área de circuitos, en el área de programación por bloques y se quiere también hacer uso de lenguajes de programación como Python que permite al estudiante poder desarrollar talleres STEM haciendo uso de un lenguaje específico. Como resultado de este planteamiento surge el “Taller STEM Aplicación de la herramienta PhET y Python” descrito en el siguiente apartado.

IV. DESCRIPCIÓN DEL TALLER

El taller *STEM: Aplicación de la herramienta PhET y Python* tiene objetivo principal que el participante conozca sobre la herramienta PhET y desarrollar algunos ejercicios en Python sobre el tema.

El mismo está orientado para estudiantes de secundaria y universitarios, así como docentes que deseen conocer más sobre ejemplos aplicados a áreas STEM y resolución de problemas por medio del lenguaje de programación Python.

El taller está estimado con una duración de tres horas, en las cuales se realice una visita al sitio oficial de PhET y se seleccionen 3 ejercicios para programar en Python. Las tres horas se distribuyen de la siguiente manera: primeramente se realiza en el entorno tanto de PhET como de Python, se analiza los ejemplos de la simulación seleccionada, se presentan los ejemplos a los estudiantes. En la segunda hora los participantes desarrollaran lo ejercicios junto con los docentes. En este espacio los docentes atenderán las dudas de los participantes y posteriormente se realiza un trabajo en equipos (parejas) donde los participantes van a completar uno de los ejercicios. Finalmente, los ejercicios son presentados a los participantes para que puedan dar su retroalimentación al respecto y que puedan ver el trabajo realizado por todos.

Este taller se hizo en una pequeña escala con una población en el primer semestre del año. Para el mismo se trabajó como parte de la iniciativa Costa Rica Aprende con la U pública y se contó con 30 participantes. Al ser la primera vez que se desarrolló este tipo de taller se encontró que fue de provecho para los mismos pero se vio la necesidad de generar un taller más específico sobre el recurso PhET por lo que el diseño de este taller en específico busca brindar un recurso importante en el área STEM.

La metodología es por medio del aprendizaje activo [14], con esta metodología se busca que los alumnos reflexionen y practiquen utilizando nuevos conocimientos y habilidades a fin de desarrollar recuerdos a largo plazo y una comprensión más profunda. Esta última también les permitirá conectar distintas ideas entre sí y pensar de manera creativa.

V. DESARROLLO DEL TALLER

a. Contenidos

1. Contenidos del taller: Recorrido de la Herramienta PhET.
2. Relación del sitio con las áreas STEM
3. Introducción al Lenguaje de Programación Python.
4. Análisis de los problemas computacionales.
5. Desarrollo de la solución de tres problemas computacionales basados en los ejemplos de PhET y programados con el lenguaje Python.

- b. *Descripción del entorno:* el entorno de PhET tiene elementos gráficos agradables y varían según el problema.
- c. *Descripción del ejercicio a desarrollar:*

En la Fig. 2, se visualiza el entorno de programación de Python y la forma en que se puede desarrollar paso a paso la simulación y permite ser almacenada en un libro de anotaciones en la herramienta Collab que posee Google, permitiendo que desde el navegador pueda ejecutar todos los comandos de Python sin necesidad de instalar ningún módulo en la computadora.

En ese ejercicio se determinan las entradas, procesos y salidas los cuales son vitales para la solución de problemas de programación, la idea es que los participantes puedan hacer cuestionamientos del uso de la información que pueda existir una interacción más directa con ellos.



Figura 2. Ejercicio en Python. Fuente: Ejercicio 7 Práctica Profesional de Vilma Reyes

- d. *Cierre de la actividad:*

Al final del taller se hace un cierre con la participación de los estudiantes del taller para conocer su percepción y realizar las mejoras correspondientes.

VI. CONCLUSIONES

El entorno del simulador PhET es muy amigable para cualquier persona que desee hacer uso del tema, los ejemplos que tiene el ejercicio han sido previamente validados y permiten ser muy accesibles para aquellos conocimientos STEM que en ocasiones se vuelven un poco abstractos.

Poder hacer uso de un lenguaje de alto nivel como Python les genera a los participantes de los talleres poder familiarizarse con la sintaxis introductoria y poder desarrollar problemas en el área de las STEM.

VII. TRABAJO FUTURO

Se espera poder desarrollar talleres similares a docentes con el fin de que ellos puedan desarrollar este tipo de ejercicios con los estudiantes y los motiven de una manera lúdica a incorporarse en este tipo de retos STEM

VIII. AGRADECIMIENTOS

A las personas que siguen a la Red UNA STEM por medio de las diferentes redes sociales: Facebook, Instagram y Twitter. Así como también a las personas que nos han acompañado en las diferentes actividades virtuales y las entidades con las cuales se han podido desarrollar actividades en conjunto. Así como a la Universidad Nacional por medio del proyecto institucional SIA 0200-22: Red para el Fortalecimiento y Divulgación de las Competencias STEM de Jóvenes y Docentes - Red UNA Tipo: Red Académica

IX. REFERENCIAS

- [1] M. Sanders, "STEM, STEM Education, STEMmania," *The Technology Teacher*, pp. 1–8, 2009, [Online]. Available: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence>
- [2] S. Andrei, "Costa Rica impulsa a mujeres en áreas STEM con nuevos programas de formación y promoción académica," Mar. 08, 2023. <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-impulsa-a-mujeres-en-areas-stem-con-nuevos-programas-de-formacion-y-promocion-academica> (accessed Mar. 15, 2023).
- [3] G. Ortega, "Cursos gratuitos en habilidades STEM: IBM abre 5.000 cupos," *La Nación*, Mar. 18, 2023. <https://www.nacion.com/economia/empleo/ibm-pone-a-disposicion-5000-cupos-gratuitos-para/WPCGHZ42NZERPI7AFYBO5VQ2JE/story/> (accessed Mar. 22, 2023).
- [4] Redacción La República, "Intel beneficiará a 2 mil personas con programas STEM en este año," Feb. 14, 2023. <https://www.larepublica.net/noticia/intel-beneficiara-a-2-mil-personas-con-programas-stem-en-este-ano> (accessed Mar. 15, 2023).
- [5] Redacción La República, "Iribó School: un colegio con enfoque STEM pensado para niñas y adolescentes," Feb. 10, 2023. <https://www.larepublica.net/noticia/iribo-school-un-colegio-con-enfoque-stem-pensado-para-ninas-y-adolescentes> (accessed Mar. 15, 2023).
- [6] S. Andrei, "Programa del BID impulsa emprendimientos de mujeres en áreas STEM," Mar. 02, 2023. <https://www.larepublica.net/noticia/programa-del-bid-impulsa-emprendimientos-de-mujeres-en-areas-stem> (accessed Mar. 15, 2023).
- [7] R. Haryadi and H. Pujiastuti, "PhET simulation software-based learning to improve science process skills," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1521, no. 2, p. 022017, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1521/2/022017.
- [8] E. Brunzell and M. Horejsi, "Simulations in the Classroom," *The Science Teacher*, vol. 79, (9), pp. 8, 2012. Available: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/simulations-classroom/docview/1270659319/se-2>
- [9] J. Ananias N Yunzal and L. F. Casinillo, "Effect of Physics Education Technology (PhET) Simulations: Evidence from STEM Students' Performance," *Journal of Education Research and Evaluation*, vol. 4, no. 3, pp. 221–226, Aug. 2020, doi: 10.23887/jere.v4i3.27450.
- [10] S. Supurwoko, C. Cari, S. Sarwanto, S. Sukarmin, R. Budiharti, and T. S. Dewi, "Virtual Lab Experiment: Physics Educational Technology (PhET) Photo Electric Effect for Senior High School," *Int. J. Sci. Appl. Sci.: Conf. Ser.*, vol. 2, no. 1, p. 381, Dec. 2017, doi: 10.20961/ijscs.v2i1.16750
- [11] R. L. Mallari, "The Effectiveness of Integrating PhET Interactive Simulation-based Activities in Improving the Student's Academic Performance in Science," *IJRASET*, vol. 8, no. 9, pp. 1150–1153, Sep. 2020, doi: 10.22214/ijraset.2020.31708
- [12] A. Nagpal and G. Gabrani, "Python for Data Analytics, Scientific and Technical Applications," 2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI), Dubai, United Arab Emirates, 2019
- [13] Universidad Nacional (Costa Rica) et al., "Los inicios y primeros logros de la Red UNA STEM," *clepsydra*, no. 23, pp. 139–159, 2022, doi: 10.25145/j.clepsydra.2022.23.08.
- [14] Cambridge, "Aprendizaje Activo," p. 10, 2019, [Online]. Available: <https://www.cambridgeinternational.org/Images/579618-active-learning-spanish-.pdf>

*Módulo Adquisidor Remoto
para actualizar Sondas Limnigráficas
de cuencas proveedoras de agua a embalse*

*A Remote Acquisition Module to update the
Limnigraphic Probes of basins
supplying water to reservoirs*

Sandra Noemí Fernández, Miguel Angel Flores, Pablo Oscar Abalo
Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina
sfernand@uns.edu.ar; miguel.flores@uns.edu.ar; pabalo@uns.edu.ar

Resumen — Existe un punto estratégico sobre el principal afluente del Embalse Paso de las Piedras en Argentina, donde se monitorea la altura del nivel de agua que ingresa al lago. Éste abastece el consumo de las localidades de Punta Alta, Bahía Blanca y su Polo Industrial y Petroquímico. Se intenta desarrollar un módulo para anexas al limnógrafo instalado hace más de una década. Esta actualización tecnológica le permitirá al usuario del sistema, flexibilizar el manejo de los datos obtenidos por telemetría, independizándose del obsoleto software propietario del fabricante del producto, para alcanzar una solución a medida. El objetivo es replicar el sistema de alerta temprana implementado exitosamente en otra cuenca hídrica de la zona. Generar información sumamente útil para la toma de decisiones de autoridades ante la emergencia o desastre natural.

Limnógrafo; Arduino; alerta temprana; inundación; telemetría.

Abstract — There is a strategic point on the main tributary of the Paso de las Piedras Reservoir, in Argentina, where the height of the water level entering the lake is monitored. This reservoir supplies drinking water to the cities of Punta Alta and Bahía Blanca, as well as to the Industrial and Petrochemical Pole. A module is tried to be developed to attach it to the limnigraph placed there over a decade ago. This technological update will allow the system user make the handling of data from telemetry flexible, becoming independent of the outdated proprietary software of the product manufacturer, in order to achieve a bespoke solution. The goals are to copy the early warning system successfully implemented in another hydric basin in the area, and to generate extremely useful information for the decision-making of authorities, in case of an emergency or a natural disaster.

Limnigraph; Arduino; early warning; flood; telemetry.

I. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur (UNS) dispone de equipos limnográficos colocados en algunas cuencas de interés local. Existe uno, colocado sobre el río Sauce Grande, que será motivo de análisis (Fig. 1). Dicho curso hídrico es el principal afluente del embalse Paso de las Piedras (Fig. 2) y donde se abastece de agua las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta, incluyendo el Polo Petroquímico e Industrial. Este equipo en particular, al cual denominamos LimToma (Fig. 3), es un dispositivo que ha sido de avanzada en la época de tecnologías analógicas y discretas pero su sistema de manejo de la información colectada no posee la flexibilidad necesaria para el desarrollo de herramientas con los actuales entornos tecnológicos. Es del tipo cautivo, propio del fabricante y se trata de un producto

discontinuado en el mercado. Esto motiva desarrollar sobre el recurso existente una interface que permita lograr dicho objetivo. Para poder continuar con rigor científico las series de valores históricos, el nuevo dispositivo se adaptará sobre la base de la sonda instalada, respetando la posición de referencia y evitando interferir las mediciones y registro del limnógrafo. El módulo a desarrollar permitirá tener el control y formato de los datos de la telemetría a implementar, favoreciendo la implementación de alertas frente a variaciones importantes de las variables a supervisar del punto remoto.

Se parte de la experiencia exitosa de la telemetría para la medición del nivel de agua sobre el cierre de la cuenca media del arroyo Napostá Grande [1, 2] (Fig. 1) y considerando que resultó de utilidad para una dependencia como Defensa Civil de la Municipalidad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires-Argentina) [3, 4], anima a los autores a enfrentar el desafío. La primera etapa consiste en el estudio de la adquisición y validación del dato que ingresa a esta “caja negra” sin interferir en el proceso y replicar el mecanismo con la interfase para almacenarlos y posteriormente tratarlos. En la segunda, organizar la información a transmitir y recibir en bases de datos para concluir en las reglas de alertas y visualización de las variables en un entorno amigable con un operador web. Sobre esta última etapa se tiene experiencia con el desarrollo de una estación meteorológica IoT a servidor propio.

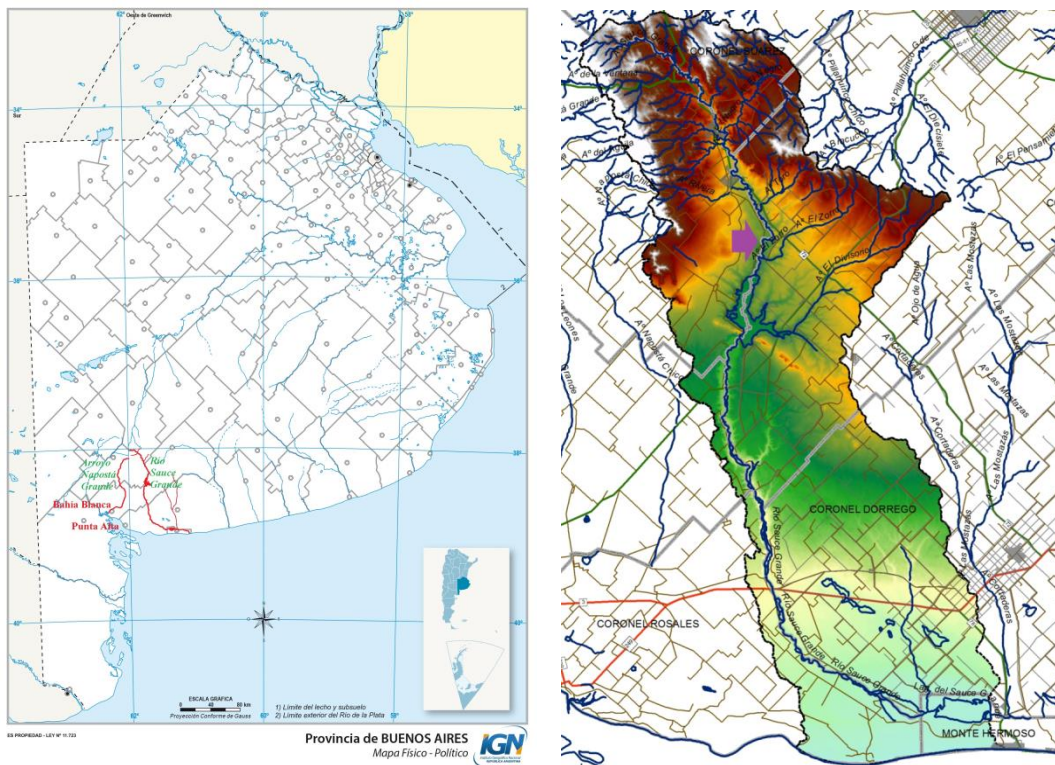


Figura 1. Ubicación de los cursos Sauce Grande y Napostá Grande y del equipo limnográfico LimToma. Fuente: [5]



Figura 2. Embalse Paso de las Piedras



a) Limnógrafo LimToma instalado a la vera del río Sauce Grande

b) Sonda en el cauce



c) Recinto con modem controlador y batería

d) Torre antena y panel solar con protección antivandálica

Figura 3. Instalación y componentes del equipo limnógrafo LimToma

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se comienza con la instalación de una sonda y limnógrafo de idénticas características (fabricante, modelo, alcances, etc.) en el Laboratorio de Hidráulica (Fig. 4 y 5). El equipo se ubicó en la oficina técnica, próximo a la computadora y banco de trabajo, mientras que la sonda calibrada se colocó dentro de una cañería en otro sector cubierto. Por vaso comunicante, con una manguera transparente mensuramos la columna de agua presente. Las condiciones de instalación representan exactamente a las condiciones de funcionamiento en campo. El modelo tiene cuatro (4) metros de altura y gracias a una grifo asociado, se gradúa el nivel o altura de agua de interés. De esta manera se parte de un dato físico concreto, básico para validar el éxito de las hipótesis desarrolladas.

A partir de las experiencias de los técnicos de campo, lectura del manual de usuario e interacción con el limnógrafo por medio de la computadora de escritorio, se analiza su comportamiento. Inicialmente el equipo se le configura parámetros como hora, fecha e intervalos de adquisición de la variable proveniente de la sonda en el cauce de agua simulado. Se lo energiza con doce (12) volts (V) corriente continua y vincula por puerto serie con su software propietario. Algunas operaciones se pueden realizar directamente desde los botones del gabinete y verifican desde su display.



Figura 4. Limnógrafo completo con caja deshumidificadora y sonda

En situación habitual, el equipo se encuentra en un estado de hibernación para minimizar el consumo de energía, atendiendo funciones básicas internas y presión de algún botón o encuesta desde el puerto serie para realizar un monitoreo. Ya sea por estas dos últimas condiciones o se cumple el período en que debe realizarse un nuevo muestreo y acopio en la memoria, el dispositivo pasa a un rol activo. En este momento, el sensor de la sonda es alimentada con una tensión reducida y muy estable. La presión mecánica que ejerce el agua sobre su membrana produce una señal eléctrica proporcional. Esta variable analógica es amplificada, convertida a un dato digital para luego ser procesada como lectura altura de nivel de agua.

El desafío consiste en desarrollar un prototipo para que pueda ser replicado e incorporado a la red de limnógrafos instalados y cumplan con las siguientes características:

- La adición de este módulo, entre la sonda y el limnógrafo, no le genere un error mayor del uno (1) % de su habitual lectura.
- La precisión de los datos adquiridos sea milimétrica y no difiera más del uno (1) % del valor real de campo.
- El diseño debe ser compacto, con el objeto que sea fácilmente almacenado dentro de los abrigos anti vandálicos existentes.
- El consumo de energía será el menor posible, ya que se alimentará de la misma fuente renovable con panel solar.
- La electrónica será del tipo modular, estandarizada y de software libre y abierto.

Es por ello que se considera el uso de la plataforma Arduino, para cumplir con algunos de los requisitos. Se comienza la experimentación sobre la placa Arduino UNO porque sus prestaciones resultan suficientes para el inicio del desarrollo. Admite módulos periféricos, cuyos fabricantes desarrollaron librerías que permiten vincularse con el mismo, configurar parámetros fácilmente y su hardware es reducido y económico.

En el extremo de la sonda a ensayar se encuentra el sensor encapsulado en un accesorio metálico. Este cabezal se sumerge en agua, precisamente sobre el fondo de la tubería vertical que simula el lecho del cauce en campo. Se vincula al equipamiento electrónico mediante una manguera impermeable que contiene en su interior un cable compensado. La sonda posee dos (2) tomas de presión, una se coloca en contacto y oposición a la corriente o columna de agua que se quiere medir, mientras que la otra rama queda a presión atmosférica. Esta manguera transparente (Fig. 4) finaliza en una caja de conexión. Allí los conductores eléctricos llegan a una bornera y el aire contenido que rodea el cable, proveniente de la rama de presión atmosférica de la sonda, es liberado al ambiente para cumplir con dicha condición. Luego, los cables continúan hasta ingresar al limnógrafo propiamente dicho. La tensión de salida del sensor es directamente proporcional a la diferencia de presiones entre ambos terminales. Estos datos son necesarios para ingresar a la ecuación que se utiliza para el cálculo de altura de nivel de agua en un recipiente abierto. Cuando la lógica del limnógrafo se encuentra activa y en proceso de lectura, aplica una tensión de 4,996 volts a la sonda durante cinco (5) segundos. En dicho período toma diferentes muestras, realiza un promedio y almacena en la memoria, junto con la fecha y hora. Estas variables analógicas son medidas con un

voltímetro y microvoltímetro digital, sobre los bornes del sensor. El instrumento tiene la suficiente aislación eléctrica para no interferir con el resultado de la lectura de nivel de agua.



Figura 5. Instalación en Laboratorio de Hidráulica-UNS

III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El fabricante de la sonda utiliza un sensor de la serie MPX 2100, cuyo rango de trabajo es de 0-100 kiloPascales (kPa) y ofrece una señal eléctrica proporcional de 0 a 40 milivolts (mV). Una lectura de 100 kPa equivale a 10204 milímetros de columna de agua (mmca).

La primer dificultad que se presenta es sobre el rango de operación con que trabaja el sensor. Todas las hojas de datos y curvas del fabricante lo alimentan típicamente con 10 V, mientras que el limnógrafo le entrega la mitad. Desconocemos la razón por la que el fabricante del limnógrafo opera con 5 V. Con la hipótesis de obtener resultados similares, se respeta este valor para nuestro desarrollo electrónico. La premisa es adaptarnos lo mejor posible a la sonda existente en campo, lograr una imagen de las variables y no introducir errores al registrador; que nuestro módulo resulte transparente al sistema. Los ensayos se realizan frente a una columna de agua graduada en milímetros (vinculada por vaso comunicante). Se intenta verificar que su comportamiento sea lineal y responda con alguna lógica para distintas alturas.

La caja de inspección, donde finaliza la manguera de la sonda (Fig. 4 y 5), será nuestro puerto de acceso a la sonda para conectar el prototipo a la alimentación y salida de tensión del sensor inmerso en agua.

La placa Arduino UNO posee un conversor analógico digital (ADC) integrado. Tiene una resolución de 10 bits, es decir, la tensión de entrada la puede representar dentro de los 1024 valores posibles (Fig. 6). El valor máximo que admite es de 5 volt (V). El valor de 0V analógico es expresado en digital como B000000000 (0) y el valor de 5V analógico es B111111111 (1023). Por lo tanto, todo valor analógico intermedio es expresado con un valor entre 0 y 1023, es decir, se suma 1 en binario cada 4,883 mV. Teniendo en cuenta que el sensor de la sonda entrega 0 a 40 mV, con esta configuración no podemos cumplir con los requisitos del desarrollo anteriormente detallados.

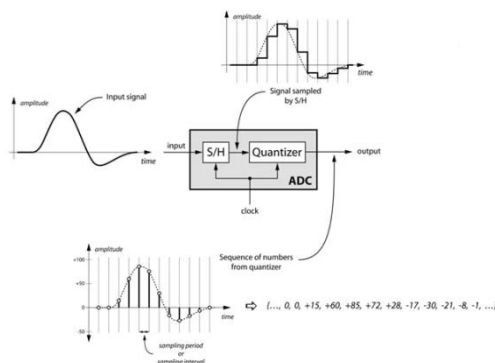


Figura 6. Muestreo y conversión de la señal

Comenzamos la búsqueda con productos que podemos conseguir en el mercado local, sólo para experimentar. Tenemos mucha dificultad en nuestro país para acceder a productos importados por un tema de costos, logísticas y no haber al momento una necesidad justificada para realizar la gestión. Se plantea utilizar un ADC externo, alimentación 5 V y tensión de entrada menor a 100 mV. Cuanta mayor cantidad de bits de resolución tenga, mejor podrá representar la variable del sensor.

Encontramos que el módulo HX711, compatible con ARDUINO, posee un conversor analógico digital (ADC) de muy bajo costo y se utiliza popularmente dentro de balanzas de uso hogareño, con comunicación I2C. Tiene una precisión de 24 bits y trabaja con entradas que oscilan +/-40 mV, valores compatibles con el MPX 2100DP. También, podría alimentarse con 5 V desde la sonda.

El mayor número cuantificador a fondo de escala del HX711, es 2^{24} ó 16.777.216. En la mitad de la misma se encontraría el cero conceptual, es decir 8388608 representa 0 volt. Esta condición se corresponde cuando ambas tomas del sensor diferencial se encuentran a la misma presión, ejemplo, ambas ramas a presión atmosférica. Para una tensión de salida del sensor de 40mV, equivalente a una presión de 10204 mmca, el número obtenido es 8388608. Recordemos que el ADC tiene la capacidad de recibir de +/- 40 mV. Entonces, en el HX711, cada muestra o número tiene el tamaño de 10204/8388608 mmca. O sea tiene una resolución de 0,001 mmca, cumple sobradamente con el requisito a un costo económico bajísimo.

Se comienza con la ejecución en el Arduino, de un programa básico que se vincula con el HX711, que incluye una librería específica de pesaje (ya que fue diseñado para balanzas) que lo controla y desarrolla sólo la función de conversión, descartando otras afines a la tarea original. Se toma un lote de muestras y visualiza por el puerto serie de la computadora.

Para verificar la linealidad del ADC, su correspondencia con las hojas del fabricante y comportamiento dinámico junto con el sensor de la sonda, se construye un pequeño modelo para el ensayo. Una jeringa de 20 cm³, solidaria a una manguera transparente, ejerce distintas presiones (con ajuste mecánico preciso milimétrico) sobre una de las tomas de un sensor idéntico al que posee la sonda. Alimentamos el módulo, conectamos sus entradas a los bornes y observamos los datos recogidos en el puerto serie que responden en forma satisfactoria. Entonces, visto la compatibilidad del módulo con la placa Arduino, la posibilidad de representar un valor analógico muy pequeño con la sumatoria de muestras del tamaño 1 a 16777216 para fondo de escala (40 mV), consideramos la incorporación del integrado HX711 a la lista de componentes útiles para el proyecto.

El segundo inconveniente, surgió de la observación de las lecturas. Al introducir en paralelo el prototipo, se alteraba la condición de la sonda y como se trabaja con fracciones de milésimas de voltios, los valores adquiridos de nivel de altura de agua se distorsionaban. El desafío consistía en no introducir incertidumbre en la lectura real y el limnógrafo registrara un valor diferente al correcto. Es por ello que se estudia que el muestreo debe realizarse por medio de amplificadores operacionales de instrumentación, con ganancia unitaria y de alta impedancia de entrada. Se encuentra en el LM358 esta condición y que posee dos (2) integrados en el mismo encapsulado. Se verificó que sólo se reduce diez (10) mm, en cualquier punto de los 8 metros de columna de agua. Es un dato aceptable. La alimentación del LM358 no puede tomarse desde los 5 Volts que entrega el limnógrafo ya que afecta a la medición. Se energiza desde un regulador de tensión de propósito general LM7805, que reduce y administra los 7,5 V que se utiliza la placa Arduino UNO para funcionar.

Se comienza la programación del Arduino con una función básica, en bucle repetitivo de muestreo, conversión y resultado visualizado por puerto serie.

Se configura la precisión del canal A del ADC en 24 bits y ganancia 128. Se selecciona un valor empírico para multiplicarlo por el número digital obtenido de la conversión analógica digital. Esta muestra representa los microvoltios (μ V) presentes en la entrada diferencial. Son valores muy sensibles, similares a los que entregan los electrodos de un electrocardiógrafo. Cualquier ruido eléctrico presente en el ambiente de los conectores se magnifica. Se ensayó comprimiendo el aire en el modelo descrito en la primera experiencia. Se obtuvo una serie con saltos de 1 milivolt (mV) que se muestran en la Tabla I. Aproximadamente, cada milivoltio se puede subdividir en 256550 partes.

Se analiza el comportamiento del limnógrafo en régimen monitoreo directo estable. Se mide la tensión de salida, respecto al milimetraje registrado (Tabla II).

Todas las lecturas resultan números pares y resultan del promedio de varias en un período de 1 a 2 segundos, para tener la precisión milimétrica.

TABLA I CUANTIFICACIÓN DE LA TENSIÓN GENERADA MECÁNICAMENTE

Tensión Salida Sensor	Número digital equivalente
4 mV	9401430
5 mV	9660778
6 mV	9915340
7 mV	10172176
8 mV	10428820
9 mV	10684646
10 mV	10941196
11 mV	11197142

TABLA II TENSIÓN EQUIVALENTE A ALTURA DE LA COLUMNA DE AGUA

Tensión Salida Sensor	Columna de agua en mm
2,05 mV	1026
6,91 mV	3540
6,92 mV	3544
6,97 mV	3560
6,98 mV	3562
7,08 mV	3620
7,37 mV	3772

Empíricamente se puede afirmar que 0,01 mV equivalen aproximadamente a 2 milímetros de columna de agua (mmca) y que 1 mV puede ser representado por 256550 divisiones, entonces se calcula:

0,01 mV ----- 2 mm	200 mm ----- 256550 partes
1 mV ----- 200 mm	2 mm ----- 2565,5 partes

Se concluye que el conversor ADC HX711 es apto para detectar las mínimas variaciones de la sonda del limnógrafo. Aunque se dispongan 2565,5 partes para representar 2 mm, no se puede mejorar la precisión de la lectura porque lo limita la sensibilidad de la membrana del sensor.

Se coloca el limnógrafo en modo monitoreo y se espera el tiempo suficiente para que la lectura del mismo sea constante. Se ejecuta la rutina cíclica de muestreo, conversión y promedio de la variable de entrada. El número digital generado se multiplica por un factor (lo calculamos por una regla de tres simple) para obtener un valor similar al del display del limnógrafo. Se realizaron múltiples experiencias para ir ajustando la constante.

Lo anteriormente descrito es la situación ideal. En el modo de operación real, la lógica o electrónica del limnógrafo se encuentra en un estado de hibernación hasta que se activa por un período de tiempo programado, en forma cíclica para realizar el muestreo y almacenamiento en memoria interna. Luego retorna a su estado de bajo consumo. La dificultad que se presenta en esta instancia es que durante el ciclo de muestreo de 5 segundos se enciende sólo un led y muy brevemente en el display aparece la leyenda registrando. Para acceder al dato almacenado, se debe explorar al conectar el dispositivo a la computadora. No hay lectura directa, es una caja “negra”.

Se conecta nuestra interface que continuamente su programa principal está muestreando, convirtiendo y enviando el dato al puerto serie de la computadora. En el modo hibernación la serie es nula pero al activarse por esos 5 segundos, obtenemos de tres a cuatro valores, cuyo máximo se aproxima con relativo error al valor que posteriormente verificamos que se almacenó en memoria. Se ajusta empíricamente el factor de multiplicación y continuamos con varias experiencias más.

Se observa que el sensor se alimenta o energiza por ese período de 5 segundos y los valores de tensión proporcionales a la presión diferencial comienzan en un máximo y luego decrecen como lo hacen las series numéricas generadas en el puerto serie. Se desconoce en qué momento del sensor energizado, el limnógrafo hace su lectura para su posterior tratamiento. Esta asincronía hace que las lecturas difieran entre los dispositivos. En esta instancia se modifican la cantidad de muestras que se toman para hacer promedio y factor de ajuste multiplicador para lograr un menor error o diferencia. Sucede que, si reducen el número de muestras, la conversión es más rápida pero se torna más volátil o inestable respecto al valor real o registrado en memoria. Se busca un parcial equilibrio con sucesivas experiencias.

Dado que la placa Arduino posee dos entradas que disparan interrupciones al programa principal y ejecutan una subrutina, se utiliza una de ellas. La optimización que se logra con ello es que se puede estar ejecutando un programa principal, donde se puede disponer de tiempo para guardar datos en memoria SD, transmitir por GPRS o internet, leer otras variables, botones, manejar un display, etc. (Fig. 7). Cuando el limnógrafo pasa del estado de hibernación a activo, alimenta el sensor. Este flanco del escalón es detectado y genera el salto a la rutina de la interrupción. En ella se muestrea, a través del conversor analógico digital HX711 y genera la serie de valores por el puerto serie de la computadora (Fig. 8). En esta oportunidad no se espera que se active en forma programada, sino que se presiona un botón de monitoreo en el gabinete para generar asincrónicamente el muestreo y retenemos para que permanezca permanentemente activo. Observamos y ajustamos nuevamente los valores en la subrutina. Las lecturas en el puerto serie se muestran en el orden y acordes a las reflejadas en el display del limnógrafo, lo que motiva a continuar con un ajuste más fino. Aquí concluimos que el adquisidor en desarrollo tiene capacidad de respuesta con cierta precisión a la planteada como objetivo.

Aunque se sabe ahora cuándo se produce la ventana de tiempo para muestrear, se desconoce el momento exacto en que el limnógrafo valida una lectura y almacena, del universo de muestras que puede adquirir en el período programado. El desafío es lograr la sincronía con nuestra placa para que resulten valores coincidentes o con una tolerancia menor a 10 milímetros.

Se decide cambiar la estrategia. Se sabe que es posible detectar el período de actividad y finalización por el escalón de tensión que se genera sobre el sensor. Allí se produce el momento crítico de medición. Entonces esperaríamos esa novedad y luego tomaríamos el control de la sonda mediante relés. En la condición normal cerrado, estará galvánicamente asociado al limnógrafo. Luego que realice su medición y después de un tiempo prudencial, se energizaría con nuestra placa experimental y se realizaría nuestra propia medición. Finalizada la mensura, retornaría el relé a la posición inicial. De esta manera, el operador decidiría cuándo y dónde y no depender del instante que ofrece el limnógrafo para que se pueda realizar nuestra operación. Otra ventaja es que sería más fácil la calibración o equalización de los valores medidos por el limnógrafo vs los adquiridos con la nueva operatoria. También permitiría a nuestro prototipo,

optimizar tiempos para realizar otras importantes funciones como almacenar y transmitir a los servidores informáticos.

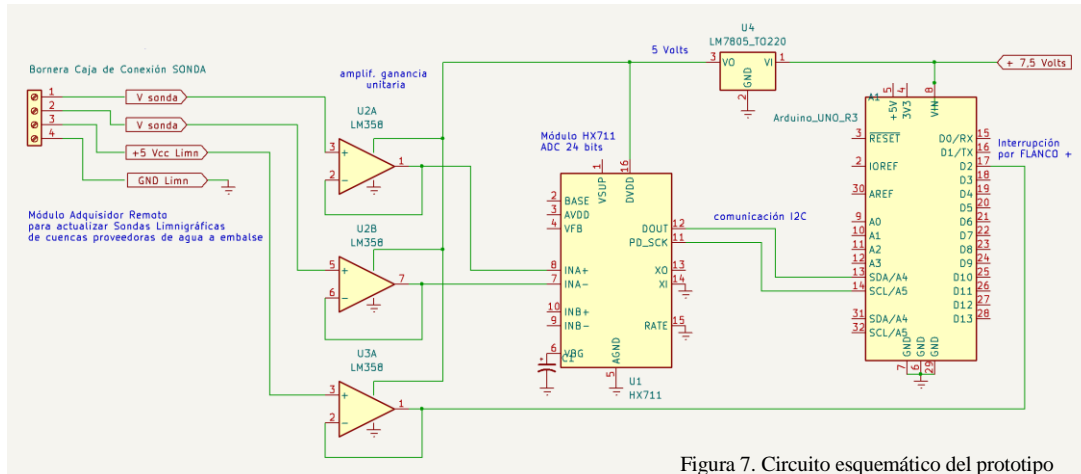


Figura 7. Circuito esquemático del prototipo

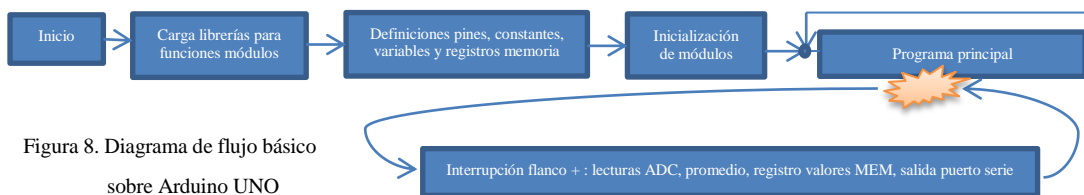


Figura 8. Diagrama de flujo básico sobre Arduino UNO

IV. CONCLUSIONES

Se entiende que el procedimiento para la obtención del valor idéntico al que registra el limnógrafo es el punto de mayor dificultad del desarrollo de este proyecto. Para las siguientes etapas, se cuenta con la experiencia de trabajos anteriores sobre la placa Arduino como son: la estación meteorológica experimental (almacena y transmite datos de múltiples variables ambientales a un servidor), medidor de temperatura de agua en tanques, medidor de presión diferencial en una placa orificio de un modelo didáctico, etc. Para la visualización en gráficas dinámicas en la web a partir de datos registrados en bases de datos en servidores propios, se cuenta con los conocimientos del desarrollo de alerta temprana de crecida del arroyo Napostá para Defensa Civil. Por ello, se estima que los inconvenientes deberían ser menores para llegar al producto final. Los usuarios dispondrán, con la adición del prototipo dentro de sus antiguos limnógrafos, un accesorio electrónicamente transparente a su sistema de medición que flexibilizará el envío de datos al servidor. Esto posibilitará implementar las herramientas informáticas ya desarrolladas, para generar información sumamente útil para la toma de decisiones de autoridades ante la emergencia o desastre natural. El proyecto está orientado a atender las necesidades de organismos gubernamentales.

V. AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología (UNS) con fondos correspondientes al proyecto de investigación (PGI 24/J088) “Hidrología, Calidad y Modelización. Gestión Integral de los recursos Hídricos en Cuencas del Sur de la Región Pampeana. Fase II” y el Departamento de Ingeniería de la UNS.

VI. REFERENCIAS

- [1] S. Fernández, C. Weis, M. Flores and P. Abalo, “Instalación de Limnógrafo en la Cuenca Media del Arroyo Napostá Grande para Monitoreo Ambiental,” de *Jornada del Agua del Sudoeste Bonaerense (JASOB)*, Bahía Blanca, Argentina, 2019, pp. 75-78.
- [2] S. Fernández, M. Flores, C. Weis and P. Abalo, “Alojamiento, procesamiento y visualización de datos limnográficos en Puente Canessa con sistema de Telemetría propio,” de *Jornada del Agua del Sudoeste Bonaerense (JASOB)*, Bahía Blanca, Argentina, 2019, pp. 79-82.
- [3] S. Fernández, C. Weis, M. Flores and P. Abalo, “Importancia del monitoreo ambiental para la toma de decisiones sobre un recurso hídrico del sudoeste bonaerense,” de *V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (V RAGSU)*, La Plata, Argentina, 2019, pp. 210-213.
- [4] S. Fernández, M. Flores and P. Abalo, “Sistema de Alerta Temprana Napostá. Tecnología al servicio de la comunidad de Bahía Blanca,” de *XI Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (EMEAP)*, Bahía Blanca, Argentina, 2022, pp. 433-437.
- [5] Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (PBA), Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica and Dirección Provincial de Obra Hidráulica, *Atlas de Cuencas y Regiones Hídricas-Ambientales de la PBA-1 Etapa*, 2016. 32 p.

Integración de Python y Java para proyectos de investigación

Python and Java integration for research projects

Andrés Missiego-Manjón, Sergio de-la-Mata-Moratilla, Ana Castillo-Martinez, Jose-Maria Gutierrez-Martinez, David Abejón-Heras

Universidad de Alcalá, Ciencias de la computación, España.

andres.missiego@edu.uah.es; sergio.matam@uah.es; ana.castillo@uah.es; josem.gutierrez@uah.es; david.abejon@edu.uah.es

Resumen — En este artículo se aborda la integración de Python y Java, explorando las fortalezas y debilidades de ambos lenguajes, así como la necesidad de combinar sus características para aprovecharlas al máximo, con el objetivo de incorporar los resultados de proyectos de investigación que utilicen librerías de Python a sistemas de alto rendimiento desarrollados en Java. Para lograr el objetivo de la integración eficiente que permitiera aprovechar la robustez y mantenibilidad de Java, junto con la versatilidad y rapidez de desarrollo de Python, se exploran las tres posibilidades principales, se analizan y se selecciona la más apropiada.

Palabras clave: *Jython; ProcessBuilder; mantenibilidad.*

Abstract — This article addresses the integration of Python and Java, exploring the strengths and weaknesses of both languages, as well as the need to combine their features to take full advantage of them, with the aim of incorporating the results of research projects using Python libraries into high-performance systems developed in Java. To achieve the goal of efficient integration that would take advantage of Java's robustness and maintainability, together with Python's versatility and speed of development, the three main possibilities are explored, analysed and the most appropriate one selected.

Keywords: *Jython; ProcessBuilder; maintainability.*

I. INTRODUCCIÓN

En el vasto mundo de la programación, cada lenguaje tiene sus fortalezas y debilidades que los distinguen, así como los paradigmas de programación que permiten conocerlos. Java y Python, dos de los lenguajes de programación más utilizados actualmente, se han mantenido como opción principal de desarrolladores y empresas durante décadas. Java destaca en la construcción de aplicaciones empresariales escalables y robustas, y Python lo hace por su simplicidad, versatilidad y amplia gama de bibliotecas especializadas, siendo uno de los lenguajes preferentes en los proyectos de investigación [1] [2]. Es decir, Java tiene un mayor grado de mantenibilidad y Python destaca por la rapidez de desarrollo que ofrece y adaptación inmediata del uso de nuevos algoritmos avanzados de investigación.

Sin embargo, en ocasiones es necesario combinar ambas características por distintas razones y entonces, ninguno de los dos lenguajes por separado es suficiente [3] [4]. Una forma eficaz de conseguirlo es invocar scripts Python desde un sistema desarrollado en Java. Esta unión permite a los desarrolladores aprovechar las fortalezas de ambos lenguajes en un solo proyecto, ofreciendo muchas posibilidades para el aumento de la productividad.

En el momento actual, existen varias opciones para conseguir la integración de ambos lenguajes, pero dado que los entornos evolucionan con gran rapidez, es necesario asegurar que dichas opciones son totalmente funcionales, que permiten la utilización de las librerías más actualizadas y que su proyección en el futuro permitirá un mantenimiento adecuado de las aplicaciones.

En cuanto a las motivaciones de la búsqueda de esta combinación de lenguajes, la más interesante y la que se encuentra en el origen de este trabajo, es la necesidad de aplicar resultados de investigaciones apoyadas, por un lado, en los datos producidos por sistemas existentes desarrollados en Java, y por otro lado en Python como herramienta para la aplicación de algoritmos avanzados de análisis de datos. Dado que los sistemas Java continúan produciendo nuevos datos y que las librerías Python evolucionan aportando nuevos algoritmos, no es deseable concluir el proceso de investigación con la elección de un algoritmo y su implementación en Java, tanto por la dificultad de este proceso como por que este corre el riesgo de quedar obsoleto y no poder ser actualizado fácilmente. Sin embargo, si se mantienen ambos desarrollos y se conectan, se pueden seguir ejecutando pruebas con nuevas librerías y gobernar las mismas desde el sistema Java que produce los datos.

El resto del artículo se organiza como sigue: primero se plantea el objetivo específico del trabajo presentado. A continuación, se presenta el desarrollo de tareas realizadas para alcanzar el objetivo, una sección de resultados donde analizar el resultado de las tareas y un apartado de conclusiones. Termina el trabajo con una sección de agradecimientos y la bibliografía utilizada.

II. OBJETIVO

El objetivo de trabajo presentado era integrar Python y Java manteniendo Java como núcleo de las aplicaciones y haciendo uso de Python para tareas en las cuales dicho lenguaje de programación es más eficiente que Java.

Este objetivo permitirá realizar desarrollos versátiles, rápidos y mantenibles, reduciendo los costes asociados. Específicamente, este objetivo evita la realización de desarrollos completados en poco tiempo con librerías muy útiles que impliquen elevados costes de mantenimiento; a la vez que evita también la creación de aplicaciones con reducidos costes de mantenimiento, pero con elevados costes de desarrollo debido a la falta de librerías disponibles y la necesidad de crearlas. Este objetivo está especialmente orientado al caso de aplicaciones que aplican técnicas de inteligencia artificial sobre los datos.

Para alcanzar el objetivo principal, se plantean algunos objetivos intermedios como son: estudiar todas las soluciones disponibles para dicha integración, validar la vivacidad de los proyectos que soportan las soluciones de integración, seleccionar la herramienta más apropiada.

III. DESARROLLO

Antes de profundizar en las opciones disponibles, se presentan las principales ventajas y desventajas del uso de cada uno de dichos lenguajes.

A. Python

Creado por Guido van Rossum en la década de 1990 con un enfoque en la legibilidad del código y la simplicidad de uso, este lenguaje de programación ha ganado popularidad debido a su sintaxis clara y concisa, lo que facilita la comprensión y el desarrollo rápido de aplicaciones.

Se trata de un lenguaje interpretado como Ruby, JavaScript, PHP, Basic o Perl.

1) Fortalezas

- Legibilidad
 - Amplia gama de bibliotecas y módulos
 - Bibliotecas especializadas en análisis de datos, *machine learning*, desarrollo web, scripting y otras muchas áreas.
- Versatilidad
- Integración de código escrito en C/C++ y otros lenguajes de bajo nivel
- Lenguaje de código abierto
- Portabilidad (es compatible con todos los sistemas operativos)
- Baja curva de aprendizaje (debido a su sencilla sintaxis)
- Comunidad fuerte debido a que es un lenguaje de código abierto

2) Debilidades

- Ejecución más lenta en comparación con lenguajes compilados como C++ o Java
- Uso intensivo de memoria, mayor que en otros lenguajes
- No es un lenguaje muy adecuado para el desarrollo de aplicaciones móviles

B. Java

Lenguaje de programación de propósito general de gran popularidad en el ámbito empresarial. Creado por James Gosling y su equipo en Sun Microsystems en la década de 1990 y se ha convertido en uno de los lenguajes más utilizados en el desarrollo de aplicaciones empresariales y en la industria de la tecnología.

Es un lenguaje compilado orientado a objetos, que proporciona un entorno de ejecución robusto y confiable, conocido como la Máquina Virtual de Java (JVM), que permite la ejecución de aplicaciones Java en diferentes sistemas operativos sin la necesidad de recompilar el código fuente.

1) Ventajas

- Lenguaje de programación multiplataforma.
- Amplia gama de librerías y herramientas
- Sistema de seguridad incorporado
- Lenguaje de programación de alto nivel
- Posibilidad de generar pruebas especializadas para el proyecto

2) Desventajas

- Rendimiento más lento en comparación con otros lenguajes de programación como C y C++
- Puede requerir más memoria que otros lenguajes de programación debido a que la JVM requiere una cantidad de memoria disponible para poder realizar su trabajo
- Sobrecarga de código (múltiples versiones de un método o función). Esto puede dificultar el desarrollo de programas en este lenguaje.

Se puede observar que los lenguajes son complementarios en ciertos aspectos y una integración de ambos podría reducir de forma considerable el impacto de las desventajas de cada uno aprovechando sus ventajas. En concreto, la propuesta es desarrollar aplicaciones Java como código “base”, lo que permitiría crear aplicaciones web y móvil de forma fácil, en las que podremos hacer uso de las librerías de Python sin perder ventajas de Java como el sistema de seguridad o la posibilidad de generar pruebas unitarias.

A continuación, se presentarán distintas soluciones que permitirían alcanzar este objetivo, así como sus ventajas, desventajas y cuál se ha elegido para el desarrollo del proyecto JaPy.

1. Jython

Jython permite implementar Python en Java, aportando los beneficios de ejecutar Python en la JVM y el acceso a las clases escritas en Java. Es el sucesor de JPython y es *Open Source*. La última versión existente de Jython es la 2.7.3 [5]. Programar en esta plataforma y es relativamente sencillo si se conocen ambos lenguajes de programación (Java y Python). La última versión de Jython está soportada en Java 8 y Java 11. Para hacer uso de Jython, debemos incluirlo como una dependencia en el proyecto [6].

Se han realizado pruebas para determinar si esta solución era aplicable en la actualidad, mediante el desarrollo de tres programas de prueba:

- Programa básico (un “Hello World!”)
- Programa de uso de librerías importantes como: sys, pymysql, pandas, logging, getopt, json, math, requests, socket, datetime, jsonify
- Programa de uso de archivos Json. Este programa incluía uso de archivos guardados en el disco, así como uso de ficheros que se pasaban como parámetros al programa

Durante estas pruebas se ha constatado que Jython se ejecuta sobre Python 2 por lo que muchas de las librerías externas no están disponibles y no es posible instalarlas.

```
import org.python.util.PythonInterpreter;
public class JythonHelloWorld
{
    public static void main(String[] args)
    {
        try(PythonInterpreter pyInterp = new PythonInterpreter())
        {
            pyInterp.exec("print('Hello Python World!')");
        }
    }
}
```

Figura 1. Ejecución de una instrucción de Python en Jython

Un ejemplo de un programa muy simple desarrollado con Jython se puede ver en la Fig. 1 donde tenemos un código que ejecuta un comando *print()* de Python. Jython también permite la ejecución de código almacenado en un fichero .py, como puede ver en la Fig. 3 donde se ejecuta el contenido del fichero que contiene el código de la Fig.2.

```
def add_numbers(a, b):
    return a + b
```

Figura 2. Código Python en fichero my_script.py

En ambos programas, se utiliza PythonInterpreter como herramienta básica de acceso a Python, tanto para la ejecución de una instrucción específica como para la ejecución de ficheros completos de código. La utilización de la librería difiere en ambos casos dado que, en el caso de la ejecución de un fichero, la necesidad de enviar parámetros de entrada y capturar el resultado implica la preparación de objetos adicionales y la llamada a métodos de la clase.

```
import org.python.util.PythonInterpreter;
import org.python.core.PyObject;

public class Main
{
    public static void main(String[] args)
    {
        PythonInterpreter interpreter = new PythonInterpreter();
        interpreter.execfile("path/to/my_script.py");

        PyObject addNumbersFunc = interpreter.get("add_numbers");
        PyObject result = addNumbersFunc.__call__(2, 3);

        int sum = (Integer) result.__tojava__(Integer.class);
        System.out.println("Sum: " + sum);
    }
}
```

Figura 3. Ejecución del fichero my_script.py en un programa Jython

2. Java ProcessBuilder

En esta segunda opción, se va a realizar la instalación independiente de Java y Python y se va a utilizar una clase disponible en Java que es capaz de ejecutar en un proceso del sistema operativo un programa existente [7]. Con esta clase se pueden ejecutar los archivos .py utilizando la versión de Python instalada. De esta forma, se puede hacer uso de las librerías y módulos de Python. El desarrollo con esta clase no es más complicado que con Jython pero sí menos legible. No es necesario realizar ninguna configuración adicional al proyecto lo que es destacable debido a que facilita en cierta medida la integración.

Se han realizado cuatro programas para probar el uso de esta clase:

- Programa de uso básico de ProcessBuilder que ejecuta un archivo.py que importa diversas librerías de Python importantes para comprobar el uso de módulos externos.
- Uso de ProcessBuilder llamando a un archivo .py que acepta parámetros pasados por consola haciendo uso de la librería argparse.
- Uso de ProcessBuilder con un parámetro Json como String para su procesamiento.
- Uso de ProcessBuilder con un parámetro con la ruta de un archivo .json para ser procesado.

Tras el desarrollo de los cuatro programas Java y sus correspondientes archivos Python, se puede concluir que el uso de ProcessBuilder es perfecto para el objetivo que se quería alcanzar. Todos los ficheros de código, Java, Python y Json, junto con su *javadoc* se pueden encontrar en un repositorio público [8].

Dado que el código desarrollado es más extenso de lo que sería razonable incluir en este artículo, se ha optado por el repositorio para ponerlo a disposición del público. Sin embargo, es muy relevante exponer algunos aspectos sobre la utilización de esta clase, por tanto, se incluyen algunos fragmentos de código para poder explicar la forma en que se utiliza.

La creación de un objeto ProcessBuilder se realiza mediante el código de la Fig. 4. En dicho código se puede apreciar como es necesario incluir un comando y todos sus argumentos. En el caso de la invocación de un fichero .py, es importante destacar que el comando a ejecutar es el entorno de Python, ya sea Python o Python3, y luego suministrar el nombre del fichero .py. El resto de los argumentos, serán considerados como argumentos de entrada al script de Python.

```
ProcessBuilder pb = new ProcessBuilder("Command", "Arg1", "Arg2", ... , "ArgN");
```

Figura 4. Creación de un objeto ProcessBuilder

En la Fig. 5 se puede ver un ejemplo completo de invocación, con todos los métodos relevantes, incluida la captura del resultado de la invocación y el envío de un parámetro de tipo JSON. Es destacable como el resultado de la puesta en marcha de un objeto ProcessBuilder mediante la invocación de su método *start()*, produce como resultado un objeto de tipo *Process* a partir del cual se realiza el resto del procesamiento. Este tipo de objeto será el centro de la tercera opción que desarrollaremos.

```
import java.io.IOException;
import japy.Classes.Rutas;
public class PBStructureExample
{
    public static void main(String[] args)
    {
        try {
            Rutas rutas = new Rutas();
            String pyExe = "python";
            String pyScript = rutas.useoflibs;
            String jsonParam = "{\"key\": \"value\"}";
            ProcessBuilder proBuild = new ProcessBuilder(pyExe, pyScript,
jsonParam);
            Process process = proBuild.start();
            java.io.BufferedReader reader = new java.io.BufferedReader(
                new java.io.InputStreamReader(process.getInputStream()));

            String line;
            while ((line = reader.readLine()) != null)
            {
                System.out.println(line);
            }
            int exitCode = process.waitFor();
            System.out.println("Proceso finaliza con código: " + exitCode);

        } catch (IOException | InterruptedException e)
        {
            e.printStackTrace();
        }
    } //End main
} //End PBStructureExample
```

Figura 5. Recoger la salida de un proceso tipo ProcessBuilder

Otra posibilidad que necesitamos explorar es la de ejecutar una función en concreto dentro de un fichero .py que estaba disponible en Jython y puede ser necesaria en ciertos casos. Esta opción está disponible con el uso de ProcessBuider, pero dado que se está ejecutando el archivo completo, debemos enviar el nombre de la función que queremos ejecutar como parámetro y también los valores de los argumentos de la función. En el archivo .py debemos implementar una estructura para ejecutar una función u otra dependiendo del valor del parámetro del nombre de la función que se ha pasado desde Java. En el repositorio hay un ejemplo de implementación de esta posibilidad. Cabe destacar que este método es mucho menos legible que en el caso de Jython, aunque es mucho más flexible, permitiendo hacer uso de todas las funcionalidades de Python a diferencia de lo que teníamos en Jython.

Finalmente, es relevante considerar que, dado que es una librería nativa de Java, no tendremos problemas de compatibilidad entre sistemas operativos.

3. Java Runtime

Esta es otra clase de Java que está relacionada con los procesos del sistema. En esta clase, tenemos disponibles seis versiones de un método de nombre *exec* que permite ejecutar un comando del sistema operativo, como un proceso independiente a la propia máquina virtual. Mediante esta clase obtenemos la misma funcionalidad que con *ProcessBuilder*, pero con un acceso de menor nivel de abstracción, innecesario para el objetivo que se persigue. Por este motivo, esta opción no se ha explorado en profundidad.

IV. RESULTADOS

En este apartado se verán sintetizados los resultados completos de las pruebas realizadas. Se van a desarrollar los resultados de los métodos de Jython y ProcessBuilder pero no para el tercer modelo dado que no se han obtenido resultados relevantes.

A. Resultados con Jython

Se han realizado tres programas de prueba a los cuales vamos a denominados: helloworld, useoflibs y jstest.

Los resultados se presentan en la tabla I, en la que podemos observar cómo al ejecutarse sobre Python 2, las librerías externas que queremos utilizar, al ser de Python 3, no están disponibles ni se pueden instalar. El resto de las opciones funcionan correctamente y Jython proporciona una solución legible, comprensible y sencilla de implementar. Dado que no es buena práctica hacer uso de software *deprecated*, y podemos considerar a Jython como tal consideramos que posee una gran desventaja con respecto a otras soluciones.

TABLA I RESULTADOS OBTENIDOS CON JYTHON

	Tabla de resultados obtenidos con Jython				
	Sin librerías externas	Con librerías externas	Llamada a una función	Programa completo	Parámetros en llamada a función
helloworld	OK	NO	OK	OK	OK
useoflibs	OK	NO	OK	OK	OK
jstest	OK	NO	OK	OK	OK

Jython sería una gran solución si no hubiese sido dejado de ser desarrollado y utilizara Python 3. Su facilidad de implementación y la sencillez del código que debemos generar para integrar Java con Python es asombrosa, pero se debe hacer uso de otras soluciones a este problema si se desea seguir las mejores prácticas a la hora de desarrollar software y disponer del máximo número de herramientas.

B. Resultados con ProcessBuilder

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, hemos realizado cuatro archivos de prueba a los cuales vamos a denominar: PBStructureExample, PBargparse, PBJsonExamples y PBJsonFileExample

Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla II.

TABLA II RESULTADOS OBTENIDOS CON PROCESSBUILDER

	Tabla de resultados de ProcessBuilder				
	Sin librerías externas	Con librerías externas	Llamada a una función	Programa completo	Parámetros en llamada a función
PBStructureExample	OK	OK	OK	OK	OK
PBargparse	OK	OK	OK	OK	OK
PBJsonExamples	OK	OK	OK	OK	OK
PBJsonFileExample	OK	OK	OK	OK	OK

Como podemos observar, se puede hacer uso de todas las librerías/módulos que ofrece Python. Es importante destacar que al ejecutar el script Python como un proceso del sistema (como si se ejecutara desde la consola de comandos) se ejecuta sobre la versión de Python que tengamos instalada, lo cual da opción a usar la última versión del mismo y por tanto a utilizar las últimas librerías que han sido desarrolladas. Esto aporta una gran flexibilidad a la hora de desarrollar proyectos.

En cuanto a la ejecución de una sola función (con o sin parámetros) ya se ha mencionado que se debe modificar el script Python para el procesamiento de la función que se desea ejecutar. Esto complica en cierta forma el desarrollo, pero al ser un cambio tan sencillo, podemos concluir que estos cambios son triviales. Un cambio que no debemos “ignorar” es el de la parte de Java: es menos comprensible y más complicado de programar la lectura de los datos de salida que con otras soluciones.

C. Solución seleccionada

Con los resultados presentados, tras descartar el uso del uso directo de la clase *Process*, la elección correcta era *ProcessBuilder*, ya que cumple con todas las características que se buscaban en los objetivos a pesar de tener un código menos legible y, en cierta manera, más extenso. Por este motivo, el repositorio en el que se publica el código únicamente incluye esta opción como versión final de código propuesto.

V. CONCLUSIONES

De las tres posibles soluciones para realizar la integración prevista, se ha podido seleccionar una de ellas sin ningún tipo de duda sobre el resultado. La elección de *ProcessBuilder*, permite combinar las fortalezas de los dos lenguajes sin limitaciones, a cambio de un pequeño aumento en la complejidad del código que produce las llamadas, permitiendo integrar en sistemas software avanzados, robustos y fiables, los resultados de los proyectos de investigación que comúnmente se desarrollan en Python.

Mediante las pruebas realizadas, se ha podido concluir que, aunque el proyecto Jython esté abandonado, sigue funcionando, y también sería posible realizar la migración de proyectos realizados sobre el mismo, a una versión más moderna de Python trasladando el código a un proyecto creado con *ProcessBuilder*.

Como continuación de este trabajo, se debe utilizar ahora esta integración en proyectos reales y analizar no solo la integración, sino también el proceso de mantenimiento y las posibles repercusiones que la integración tiene sobre el mismo. En particular, este debería realizarse sobre aplicaciones que requieran, tanto la integración de algoritmos propuestos como resultado de investigaciones, lógicamente en Python, como la ejecución del sistema como una aplicación compleja, con múltiples usuarios, un entorno distribuido y otras características avanzadas.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo quieren agradecer el soporte recibido al grupo de investigación Plataformas Móviles Inteligentes (PMI) de la Universidad de Alcalá.

VII. REFERENCIAS

- [1] A.L. Sayeth, T. Vinothraj, M. Fareez, "Popular Python libraries and their application domains", International Journal of Advance Engineering and Research Development, Volume 7, Issue 11, November 2020
- [2] A. Sharma1, F. Khan, D. Sharma, S. Gupta, "Python: The Programming Language of Future", International Journal of Innovative Research in Technology, May 2020, Volume 6, Issue 12, ISSN: 2349-6002
- [3] B. Johnson, A. S. Chandran, "Comparison between Python, Java and R Programming Language in Machine Learning.", International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, Volume:03 Issue:06, June-2021
- [4] E. Insanudin, "Implementation of python source code comparison results with Java using bubble sort method", Journal of Physics: Conference Series. 2019. DOI 10.1088/1742-6596/1280/3/032027
- [5] «Downloads», Jython. <https://www.jython.org/download.html> (accedido 20 de julio de 2023).
- [6] «Maven Central: org.python:jython-slim:2.7.3», Maven Central. <https://central.sonatype.com/artifact/org.python/jython-slim> (accedido 20 de julio de 2023).
- [7] «ProcessBuilder (Java Platform SE 8)». <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/ProcessBuilder.html> (accedido 20 de julio de 2023).
- [8] Andrés Missiego, «JaPy project». 27 de junio de 2023. Accedido: 20 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://github.com/MissiegoBeats/JaPy>

Informática educativa



Red COMPDES

Influencia de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Absolutos en Modelos Mentales

Sobre Electrostática en estudiantes de Ingeniería: un estudio de caso

Influence of Absolute Learning Virtual Environments on Mental Models

On Electrostatics in Engineering students: a case study

Claudio Enrique

UDB Física, Departamento de Materias Básicas, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

cenrique@frsf.utn.edu.ar

Resumen — Este trabajo intenta investigar algunas de las consecuencias por haber empleado ambientes virtuales de aprendizaje absolutos durante en la pandemia Covid-19; en particular sobre modelos mentales en Electrostática en alumnos de una carrera ingenieril donde estos contenidos son muy relevantes para su perfil profesional. Específicamente, se compararon resultados de un cuestionario empleado en investigaciones previas entre dos cohortes, provenientes de escenarios pre y postpandemia. Análisis estadísticos descriptivos e inferenciales revelaron en líneas generales que esta última presentó diferencias significativas con la anterior, donde se evidenciaron modelos mentales propios de menores rendimientos cognitivos sobre los conocimientos científicamente aceptados. Se dedujo que es necesario indagar sobre los modelos mentales de los estudiantes en la actualidad, tanto para diseñar el proceso de enseñanza – aprendizaje, como para poder formar un profesional competente.

Palabras clave: Modelos mentales; Escenarios postpandemia; Electrostática; Física.

Abstract — This work tries to investigate some of the consequences of having used absolute virtual learning environments during the Covid-19 pandemic; particularly on mental models in Electrostatics in students of an engineering career where these contents are very relevant to their professional profile. Specifically, the results of a questionnaire used in previous research were compared between two cohorts, from pre- and post-pandemic scenarios. Descriptive and inferential statistical analyzes revealed in general terms that the latter presented significant differences with the former, where mental models of lower cognitive performance on scientifically accepted knowledge were evidenced. It was deduced that it is necessary to inquire about the mental models of students today, both to design the teaching-learning process, and to be able to train a competent professional.

Keywords: Mental models; Post-pandemic scenarios; Electrostatics; Physics.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo analizar los modelos mentales sobre Electrostática en alumnos de una carrera universitaria donde estos conceptos son muy relevantes para el perfil del futuro profesional. Específicamente, intenta buscar respuestas a las consecuencias *a posteriori* de la pandemia de Sars – Covid – 19. La misma intenta responder algunas de mis inquietudes como docente - investigador universitario, dado que he notado, en líneas generales, que se evidencian menores rendimientos académicos en estudiantes universitarios que co - construyen sus saberes en la postpandemia. Más allá de que el análisis de los procesos educativos puede deberse a múltiples dimensiones, es evidente que haber empleado de manera exclusiva – y tal vez excluyente - Ambientes Virtuales de Aprendizaje Absolutos durante dicha pandemia, ha ocasionado en los “nativos digitales” vivencias propias de un contexto donde se incrementaron notablemente las interacciones con la tecnología en situaciones donde, producto de una excesiva hiperconectividad, la dependencia de lo virtual produjo un entorno de restricción y aislamiento con efectos negativos [1]. No

obstante, el exceso de información digital puede plantear la posibilidad de considerar que la pandemia "...puede cumplir la función de un "incidente crítico" que hace de hecho patente un conflicto con nuestra práctica habitual" [2].

En estas circunstancias, se puede considerar que los estudiantes de la postpandemia pueden revelar deficiencias cognitivas y metacognitivas en sus procesos de aprendizaje sobre conocimientos científicos; en particular, por hacer uso de modelos mentales alternativos; aunque lógicos, no necesariamente corresponde a los científicamente aceptados. En este contexto también puede presentarse la posibilidad de que manifiesten modelos que no tengan coherencia ni cohesión; o situaciones que es necesario descubrir para favorecer sus procesos de aprendizaje.

Así, este trabajo trata de "empezar a investigar" estos aspectos mediante un estudio de caso sobre Electrostática. El grupo indagado – de la postpandemia - corresponde a alumnos que cursaron la materia Física II durante el año 2023 para la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica. Como se citó con anterioridad, la meta es investigar si los modelos mentales sobre dichos contenidos han tenido modificaciones en función del tiempo. Por ello, se consideró como grupo testigo a uno conformado por estudiantes de la cohorte 2013 – de la prepandemia - de la misma carrera universitaria, aunque en ese momento se denominaba Ingeniería Eléctrica. Por razones de organización, en esta investigación a las dos cohortes se la denominará como correspondientes a la carrera de Ingeniería Eléctrica (I. E.), de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional; amén del cambio en su denominación a partir del año 2023.

II. REFERENTES TEÓRICOS

En un entorno constructivista de aprendizaje, la Teoría del Aprendizaje Significativo propone que "...hay aprendizaje significativo cuando las ideas expresadas simbólicamente pueden relacionarse, de modo no arbitrario, sustantivo (no al pie de la letra), con lo que el alumno ya sabe; o sea, con algún aspecto de su estructura cognitiva específicamente relevante para el aprendizaje de tales ideas" [3]. Expresado de otro modo, para que el conocimiento adquirido permanezca en la estructura cognitiva del sujeto - pueda ser retenido -, y también se pueda transferir en determinadas situaciones - como la resolución de problemas -, implica conocer cuáles son los saberes de los estudiantes, y mediante el diseño adecuado de las intervenciones didácticas, favorecer la co-construcción de los mismos hacia los científicamente aceptados. Por ejemplo, en la enseñanza de la Física es conveniente detectar y modificar las concepciones alternativas que presentan los estudiantes en varios de los contenidos enseñados.

Para Johnson-Laird [4] un modelo mental es, al menos, una de las tres formas en que se pueden codificar y representar mentalmente la información, y posibilitan que las personas comprendan los fenómenos – físicos, en este caso -, realicen inferencias y predicciones, y determinen la o las acciones que van a ejecutar, incluyendo su control. Específicamente, "los modelos mentales son construcciones internas, formadas por leyes, pautas y secuencias lógicas que los estudiantes usan para interpretar la realidad" [5] [6].

En su proceso de aprendizaje, los alumnos co-construyen sus modelos mentales que les permiten esbozar, según sus puntos de vista, una explicación coherente sobre los fenómenos que intentan comprender. Estos procesos internos se producen por la observación y el estudio de la realidad, y son de carácter abierto - dado que evolucionan con el tiempo - y, por lo tanto, pueden modificarse a partir de nuevas evidencias producto de experiencias e información. La adaptación de los nuevos conceptos e ideas requiere una reestructuración de los conocimientos previos en el proceso de modelización, por lo que el tiempo empleado en esta modificación depende de la complejidad del modelo, de los conocimientos previos, y de la coherencia entre el modelo y la realidad. Frente a una nueva situación problemática el alumno suele "poner a prueba" sus modelos mentales. Si éstos les responden de manera convincente con su realidad – o sus expectativas -, quedarán reforzados porque satisface sus exigencias. Caso contrario, pueden generar la necesidad de modificarlo. En consecuencia, los modelos mentales que emplean los estudiantes se encuentran estrechamente relacionados con sus concepciones o ideas alternativas. Y "ya se ha comprobado que en muy pocas ocasiones la exposición de las ideas científicas "correctas" produce en los alumnos el abandono de sus esquemas previos", dado que "éstos suelen permanecer sin cambios luego de varios años de enseñanza, e inclusive pueden convivir con las ideas científicas "[7].

La enseñanza de la Física es una actividad que, en líneas generales, no favorece la construcción de modelos mentales. Habitualmente la teoría finaliza con la expresión matemática de una ley, la tan conocida "fórmula" que buscan los alumnos, y que muchas veces es la causa principal que no permite la comprensión de un fenómeno físico donde, en el fondo, se matematiza mediante dicha ley. Además, los modelos mentales co - construidos deben ser coherentes con las concepciones científicamente aceptadas. Expresado de otro modo, para que el alumno avance en su aprendizaje, sus modelos mentales deben acercarse al modelo científico aceptado; situación que no siempre se logra porque "...cuando se les presentan a los alumnos proposiciones - definiciones, leyes, fórmulas - éstas serán interpretadas como verdaderas si encajan dentro de los modelos de mundo que ya se posean" [8].

Las competencias cognitivas y metacognitivas de los alumnos en una disciplina como la Física estarán definidas por su capacidad de co - construir sus modelos mentales que involucren las interrelaciones fundamentales de la teoría – en este caso, Electroestática - y a partir de las cuales deberían inferir y argumentar sus razonamientos y predicciones. De este modo, “entender un fenómeno físico es saber lo que lo causa, lo que resulta de él, como iniciarlo, influenciarlo o evitarlo” [8].

III. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo tiene el objeto de continuar otra investigación que analizó si los modelos mentales que emplean los estudiantes dependen de la carrera ingenieril que eligen [9]. El punto de partida supone que la forma en que los estudiantes piensan y razonan se refleja en lo que escriben y dibujan. Para detectar los modelos mentales que utilizan los estudiantes se reprodujo un formulario con cuatro preguntas, las cuales están relacionadas con los conceptos más básicos de Electroestática: la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico generado por cargas puntuales [6]. Las preguntas se eligieron de manera que su resolución no consista en la mera aplicación numérica de las leyes y los procedimientos típicos, sino que se utilicen los conceptos de campo eléctrico y de fuerza a través de la ley de Coulomb, de manera que el alumno manifieste sus ideas sobre ellos, así como sus relaciones. Como recordatorio, en la Tabla I se indican las características principales de las mismas.

TABLA I PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO CON BREVE DESCRIPCIÓN DE SUS CARACTERÍSTICAS

Pregunta	Características		
	Consignas	Objetivos	Modelos
Q 1	Indicar la fuerza de interacción electrostática entre dos esferas con cargas positivas, teniendo una de ellas el triple de carga que la otra.	Comprensión de la simetría de la ley de Coulomb	a. Científico (fuerzas de repulsión que conforman un par de acción – reacción)
Q 2	Detectar las fuerzas presentes para un sistema conformado con dos esferas que penden de sendas cuerdas, con el mismo peso, el doble de la carga una de la otra y del mismo signo	Aplicación de la ley de Coulomb	b. “sobre la carga mayor actúa la fuerza mayor” c. “la fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas”
Q 3	Verificar si los estudiantes comprenden el concepto de Campo Eléctrico como una característica de la carga fuente del campo, o como una interacción entre las cargas actuantes	Representar el vector Campo Eléctrico creado por una carga puntual Q y en un punto del espacio A, para tres situaciones diferentes: con la presencia de una carga positiva; de una carga negativa; y sin carga, en dicho punto	a. Científico: el Campo es el mismo en A es independiente de la presencia o no de cargas. b. Existencia del Campo Eléctrico por la presencia y tipo de carga presente en el punto del espacio
Q 4 - I	Comparar el Campo Eléctrico creado por una carga en un punto a una determinada distancia donde se sitúa otra carga mayor, con el campo creado por esta segunda carga, sobre la primera	Comparar la Fuerza Electroestática y el Campo Eléctrico creado por dos cargas distintas en dos puntos situados a la misma distancia	Modelos combinados en respuestas a preguntas Q1: Q2; y Q3
Q 4 - II	Misma comparación que en Q4-I, pero analizando la fuerza electrostática que actúa sobre cada una de las cargas		

Cabe aclarar que en este trabajo se han identificado otras situaciones que se pueden considerar complementarias a los del trabajo de referencia. Por ejemplo, en la pregunta Q3 se detectó que los estudiantes también consideran la posibilidad que el campo generado por la carga Q se puede localizar en cualquier lugar del espacio; es decir, como una propiedad independiente de la ubicación entre la carga fuente y la distancia entre ésta y el punto donde se desea saber su valor.

El curso indagado corresponde al de la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica – anteriormente denominada como Ingeniería Eléctrica – correspondiente a la cohorte 2023 de la Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN – FRSF). De ella participaron 28 estudiantes, donde 12 de ellos (42,9%) han aprobado la materia correlativa Física I, mientras que el restante 57,1% (16 sujetos) todavía deben rendirla.

Para analizar de manera comparativa los modelos mentales sobre Electroestática se tomó como grupo testigo se tomó a la cohorte 2013 de Física II de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Cabe aclarar que los contenidos de la materia y el docente responsable de su dictado fue el mismo para ambos grupos. Se consideró que la contrastación entre estos dos grupos, mediante una diferencia de 10 años con un escenario pre y post pandemia de Covid-19, podría arrojar, en una primera instancia, los primeros resultados relevantes sobre los tipos de modelos mentales sobre el citado contenido. Así, otra meta es analizar de alguna manera

como esta situación tan traumática sobre la salud pública, donde se hizo un uso exclusivo – y excluyente - de las tecnologías digitales en el ambiente educativo a nivel universitario en una ingeniería, pudo influir en la conformación de los modelos mentales sobre Electroestática.

Cabe aclarar que, por razones de organización, en este trabajo a las dos cohortes se la denominará como correspondientes a la carrera de Ingeniería Eléctrica (I. E.) de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional; amén del cambio en su denominación a partir del año 2023.

IV. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

Al finalizar el dictado de la primera clase sobre Electroestática, donde se explicó la ley de Coulomb – en particular, su simetría y relación con las leyes de Gravitación Universal y tercera de Newton -, y el Campo Eléctrico generado por una carga puntual, se procedió al examen sobre la primera parte del cuestionario – preguntas Q1 y Q2 -, donde participaron 27 estudiantes del grupo indagado, de los cuales 12 ya aprobaron la materia correlativa Física I. En la segunda etapa intervinieron 22 sujetos – 10 aprobados -, y correspondió a la última parte del cuestionario con las preguntas Q3 y Q4, la cual fue ejecutada al finalizar el dictado de dicho contenido. En este caso, su objetivo fue detectar los conocimientos que lograron co - construirse; en particular, sobre Campo Electroestático e interpretación de la ley de Coulomb.

Con relación a la cohorte 2023 – grupo indagado -, las respuestas resultaron ser diferentes de acuerdo a la condición de los estudiantes. Con excepción de Q2, todas las restantes preguntas revelaron mayores porcentajes de respuestas correctas por parte de aquellos que tenían aprobada Física I; según lo revelado en la Tabla II.

TABLA III ALUMNOS QUE RESPONDIERON CORRECTAMENTE LAS PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO

Pregunta	Porcentaje de alumnos que repondieron correctamente	
	<i>Aprobados en Física I</i>	<i>No aprobados en Física I</i>
Q 1	50,0%	46,7%
Q 2	41,7%	60,0%
Q 3 a	60,0%	25,0%
Q 3 b	20,0%	3,8%
Q 3 c	40,0%	25,0%
Q 4 - I	70,0%	66,7%
Q 4 - II	100%	66,7%

Para realizar el test de hipótesis y poder inferir si hubo asociación entre las respuestas correctas del cuestionario y la aprobación de la materia correlativa Física I, y debido a la cantidad de participantes, se empleó para este análisis la Prueba Exacta de Fisher, para una probabilidad del 95% - p - valor $\leq 0,05$). Las Hipótesis Nula (H_0) y Alternativa (H_1) consideradas fueron: H_0 : las diferencias entre las respuestas son aleatorias; H_1 : las diferencias entre las respuestas no son aleatorias – o están correlacionadas -. Los resultados de este análisis indicaron que éstos no han sido significativos. Expresado de otro modo: al no haber correlación entre ambas variables y para todos los casos, la aprobación de Física I no ha influido en las respuestas correctas del cuestionario en su totalidad.

El análisis se continuó a través de las comparaciones entre los grupos el testigo – cohorte 2013 -, versus el indagado – cohorte 2023 -; y según la pregunta. Comenzando con Q1, las opciones respondidas por cohorte se indican en la Tabla III.

TABLA IIIII RESPUESTAS A LA PREGUNTA Q1 SEGÚN LAS COHORTES 2013 Y 2023 DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Cohorte de I. E.	Porcentajes en opciones a Pregunta Q1				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Año 2013	0,0%	24,0%	16,0%	0,0%	60,0%
Año 2023	3,7%	25,9%	25,9%	0,0%	44,4%

En la cual se manifiesta que el total de los alumnos de la cohorte 2013 han respondido de manera coherente respecto al signo de las cargas - dado que por ser ambas positivas, las fuerzas son de repulsión -

(opciones 2; 3; y 5). En cambio, para la cohorte 2023 hubo un alumno que reveló un grado de desconocimiento básico de la Electrostática; situación visibilizada al elegir la opción 1.

Tal como se citó previamente en la Tabla I, las respuestas elegidas presentan coherencia con tres modelos lógicos:

- a. el aceptado por la comunidad científica – pregunta Q1-5 -;
- b. el modelo “sobre la carga mayor actúa la fuerza mayor” – pregunta Q1-2 -; y
- c. el modelo “la fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas” – pregunta Q1-3.

Los resultados visibilizan que el 46,3% de los alumnos de IE cohorte 2013 han respondido de modo correcto, siendo además el más elegido (60,0%). Por su parte, también es el más elegido por la cohorte 2023, si bien en este caso correspondió al 44,4%. El segundo modelo más seleccionado por el grupo testigo es el que sostiene que “sobre la carga mayor actúa la mayor fuerza” (24,0%), seguido del modelo “la fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas” (16,0%). El grupo indagado también manifestó estos modelos con iguales porcentajes (25,9%); e incluyó además al alumno con la respuesta inconsistente sobre algún modelo e incoherente según las relaciones entre fuerzas y signos de las cargas (3,7%). De todos modos, se evidenció que los estudiantes del año 2023 presentan menor cantidad de respuestas sobre el modelo científico, además de mayores porcentajes en los modelos alternativos. De hecho, uno de ellos lo explicitó en sus respuestas sobre el cuestionario – Figura 1 -.

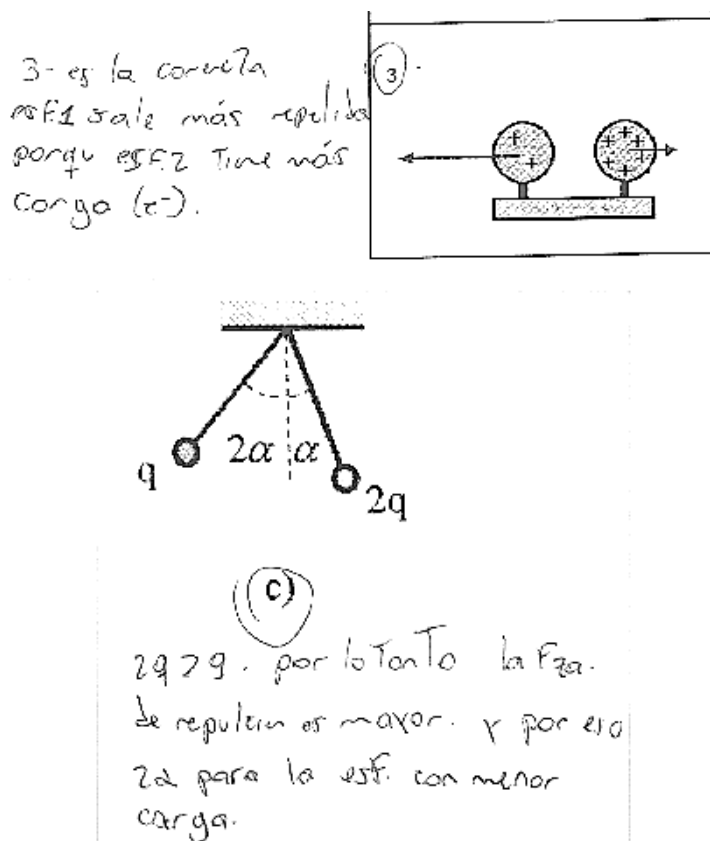


Figura 1. Respuestas a las preguntas Q1 y Q2 de un estudiante donde explicita el modelo alternativo que emplea

Respecto al análisis de los resultados hallados en Q2, el 64,0% de los alumnos del año 2013 respondió de manera adecuada, siendo además el de mayor porcentaje; mientras que los del año 2023 lograron resultados similares si bien correspondió al 51,9%. La segunda opción elegida por parte de los primeros correspondió al modelo lógico “la fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas” (20,0%), mientras que para los segundos fue seleccionada por parte del 29,6%. Finalmente, el razonamiento “sobre la carga mayor actúa la fuerza mayor” fue escogida en el año 2013 por el 16,0%, y el 18,5% lo hizo en el año 2023; detectándose los menores porcentajes para ambas cohortes. Así, en la pregunta Q2 se observan los mismos comportamientos que en Q1. Por lo tanto, los rendimientos fueron menores para los estudiantes del grupo indagado.

Para analizar de manera inferencial el grado de coherencia entre las respuestas obtenidas – y, en consecuencia, si corresponden a un modelo de razonamiento coherente -, se confeccionaron las Tablas de

Contingencia entre las preguntas Q1 y Q2 y para cada cohorte en particular. Las respuestas correctas (Q1-5 y Q2-b) fue respondida por parte del 56,0% de los alumnos de IE en el grupo testigo, y el 37,0% en el indagado. Los que presentaron coherencia con el modelo “sobre la carga mayor actúa la fuerza mayor” (Q1-2 y Q2-a) fue el 12,2% en el testigo, y 14,8% en el indagado; el mientras que el modelo “la fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas” (Q1-3 y Q2-c) representó el 22,2% en el primero, y el 11,1% en el segundo. Se destaca que el alumno que optó por la opción 1 en Q1, en Q2 seleccionó la respuesta correcta.

Finalmente, se arribó a que los modelos empleados por los estudiantes de los dos grupos, mostrados en la Tabla IV, manifiestan que en el grupo testigo el 16,0% de los alumnos no emplearon ningún tipo de modelo en ambas preguntas, mientras que en el grupo indagado correspondió al 37,1%.

TABLA IV MODELOS EMPLEADOS EN ELECTROSTÁTICA EN LAS DOS COHORTES

Cohorte de I. E.	Modelos (Porcentajes)			
	<i>Científico (correcto)</i>	<i>“Sobre la carga mayor actúa la fuerza mayor”</i>	<i>“La fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas”</i>	<i>Total</i>
Año 2013	56,0%	16,0%	12,0%	84,0%
Año 2023	37,0%	14,8%	11,1%	62,9%

El análisis inferencial además indicó que, para ambos grupos, el nivel de significación exacta (bilateral) fue inferior a 0,05 (0,000 en el testigo; 0,002 en el indagado). De este modo, se puede rechazar H_0 en ambos casos. En consecuencia, se puede decir que existe una alta correlación entre las respuestas Q1 y Q2, siendo significativa para cualquier valor y para el grupo testigo. Expresado de otro modo, los estudiantes han respondido en base a uno de los modelos en las preguntas Q1 y Q2 del cuestionario sobre Electroestática; si bien en el grupo indagado estos porcentajes han sido menores.

En las respuestas a Q3 se evidenciaron, según lo indicado en la Tabla V, importantes deficiencias cognitivas con respecto a la identificación de un Campo Eléctrico generado por una carga positiva y en un punto del espacio circundante A; en particular, en la comisión del año 2023.

TABLA V PORCENTAJES DE RESPUESTAS EN PREGUNTA Q3

Cohorte de I. E.	Porcentajes en respuestas en Q3					
	<i>Opción a</i>		<i>Opción b</i>		<i>Opción c</i>	
	<i>Correcto</i>	<i>Incorrecto</i>	<i>Correcto</i>	<i>Incorrecto</i>	<i>Correcto</i>	<i>Incorrecto</i>
Año 2013	76,0	24,0	0,0	100	16,0	84,0
Año 2023	45,5	54,5	13,6	86,4	31,8	68,2

Cabe aclarar que en ambos grupos se observaron respuestas similares. Así, se deduce que la presencia de la carga positiva en el punto A – opción a – es la que más acertaron los alumnos. Esta situación está estrechamente relacionada con la presencia de la carga de prueba en el punto del espacio donde se debe hallar el Campo Electroestático; situación que se presenta cuando en Física II se introduce el concepto de dicho campo a través de la ley de Coulomb. Vale aclarar que como los integrantes del grupo indagado lo hicieron *a posteriori* de la enseñanza sobre Electroestática, se evidencia que por haber tenido más tiempo para co – construir sus conocimientos, han tenido mejores desempeños en las opciones b y c; si bien estos porcentajes no son tan diferentes con relación a los del grupo testigo – tal vez, como podrían esperarse -. También se ha detectado, en particular para la cohorte 2023, que junto a la ausencia de un modelo científico existen confusiones en la lectura y comprensión del enunciado, al detectarse la presencia de dos alumnos que desconocieron tanto el cálculo del campo en el punto A así como también la consigna propuesta, porque representaron las líneas de campo y no su valor en un determinado punto. Cabe aclarar que en el grupo testigo hubo un solo sujeto que se ayudó con dichas líneas como cálculo auxiliar, aunque no las incorporó al esquema de la pregunta Q3.

Los resultados hallados en las preguntas Q 4 – I y II - presentes en la Tabla VI - indicaron que los alumnos del grupo indagado - año 2023 -, a pesar de haber respondido este cuestionario al finalizar el dictado de Electroestática con relación al grupo testigo, no lograron identificar la propiedad del Campo Electroestático a una determinada distancia A. Por otro lado, pudieron mejorar la interpretación de la simetría de la ley de Coulomb.

TABLA VI PORCENTAJES DE RESPUESTAS EN PREGUNTAS Q 4 – I Y Q 4 - II

Cohorte de I. E.	Porcentajes en respuestas			
	Q 4 - I		Q 4 - II	
	Correcto	Incorrecto	Correcto	Incorrecto
Año 2013	88,0	12,0	51,2	48,8
Año 2023	64,0	36,0	81,8	18,2

Para analizar la coherencia entre los modelos mentales empleados por los sujetos, se realizaron las tablas de contingencia entre las preguntas Q4-I y Q4-II para ambas cohortes, donde se halló que las dos opciones correctas (Q4-I, b y Q4 – II,c) fue respondida por parte del 56,0% en el grupo testigo, y el 59,1 % del grupo indagado. La opción Q4-I, b también fue elegida junto a la alternativa Q4-II, b, revelando que todavía hay sujetos (24,0% del año 2013 y 9,1% del año 2023) que consideran que “la carga mayor ejerce una fuerza mayor”. Finalmente, el 8,0% del grupo testigo, a pesar de haber respondido acertadamente Q4-I, revelaron que todavía sostienen el modelo “sobre la carga mayor actúa la fuerza mayor” (Q4-II, a); mientras que no hubo sujetos con esta misma respuesta para el grupo indagado. También se detectaron respuestas que no obedecieron a ningún tipo de modelo, siendo el 20,0% del grupo testigo y el 31,8% del indagado. Debido a ello, se procedió al análisis de correlaciones a través de la prueba Exacta de Fisher, y al ser el nivel de Significación Bilateral Exacta de 0,443 y 0,502 respectivamente para cada grupo, se aceptó H_0 para ambos. Expresado de otro modo, las respuestas a estas dos preguntas resultaron ser independientes para ambas cohortes, o no estuvieron correlacionadas.

Continuando con el análisis inferencial y así poder indagar acerca de los modelos empleados en Electrostática para ambos grupos, se continuó mediante una tabla de contingencia entre las preguntas Q1 y Q4-II. En el curso del año 2013, el 56,0% respondió de manera correcta ambas opciones (Q1,5 y Q4-II, c), mientras que fue el 26,3% para el del año 2023. Las opciones Q1,3 y Q4-II, b, que fueron elegidas por aquellos estudiantes que asumieron que “la carga mayor ejerce una fuerza mayor”, fue respondida por parte del 8,0% y el 23,7% respectivamente. Con relación a la combinación Q1,2 y Q4-II, a, la cual admite que el modelo empleado fue “sobre la carga mayor actúa una fuerza mayor”, fue elegida por parte del 8,0% en el grupo testigo, y por el 3,9% en el indagado.

¿Se puede decir que los modelos mentales de los alumnos de la comisión del año 2013 tuvieron asumidos los conceptos de la ley Coulomb y de Campo Eléctrico? Realizando la prueba de la Prueba exacta de Fisher para las opciones Q1 y Q4-II, se halló un p – valor igual a 0,000, lo cual indica que existe una alta correlación entre ambas preguntas, y además significativa para cualquier valor. Por lo tanto se asume, con cierta probabilidad, que los modelos mentales de los alumnos de esta cohorte asumieron los conceptos de la ley Coulomb y del Campo Eléctrico generado por una carga puntual a través de las preguntas consideradas.

El mismo análisis para el grupo indagado reveló que el 42,9% presentó las respuestas propias del modelo científicamente aceptado. Por su parte, el 4,8% hizo uso del modelo “la fuerza mayor se debe a una mayor distribución de cargas”, mientras que no hubo evidencias sobre el empleo del modelo “sobre la carga mayor actúa una fuerza mayor”. Específicamente, hubo 7 sujetos que usaron un modelo no científico en Q1 – opciones 3 y 2 – pero que respondieron correctamente Q4-II – opción c –. Además 2 alumnos acertaron en Q2, aunque en Q1 optaron por la opción 3. Finalmente, dos estudiantes respondieron correctamente Q1 pero no así en Q2 al elegir la alternativa c. Dichos resultados se validaron también mediante el análisis de correlaciones a través de la Prueba Exacta de Fisher. Como el coeficiente de Significación Exacta Bilateral fue 0,278, las respuestas para las preguntas Q1 y Q4 – I resultaron ser independientes entre sí.

Para finalizar, la tabla de contingencia entre Q2 y Q4-II para los estudiantes del grupo testigo visibilizó que:

- el 52,0% respondió en forma correcta (Q2b – Q4II- c);
- 12,0% respondió de acuerdo con el modelo “la carga mayor ejerce una fuerza mayor” (Q2c – Q4II- b).
- Por su parte, no se detectaron alumnos que consideren el modelo “sobre la fuerza mayor se realiza la mayor fuerza” (Q2c – Q4II-a).
- Finalmente, el 36,0% no usó un modelo lógico.

La prueba exacta de Fisher arrojó un p-valor igual a 0,008, lo cual indicó la presencia de una correlación fuerte entre las respuestas a las dos consignas.

Con relación al grupo indagado, los resultados estadísticos hallados mediante la tabla de contingencia entre Q2 y Q4-II fueron los siguientes:

- 40,9% respondió correctamente las dos preguntas;

- 4,5% lo hizo de acuerdo con el modelo “la carga mayor ejerce una fuerza mayor”;
- no se detectaron alumnos que consideren que “sobre la fuerza mayor se realiza la mayor fuerza”; y
- los alumnos que no usaron un modelo lógico correspondió al 54,6%.

Estos resultados también se convalidaron a través del test de correlaciones mediante la Prueba Exacta de Fisher. Dado que su coeficiente de Significación Exacta Bilateral fue 0,241, se consideró que las respuestas en ambas preguntas fueron independientes, o no estuvieron correlacionadas. Así, llamó poderosamente la atención dicho resultado, porque indica que las respuestas a las preguntas Q1 y Q4 – II por parte del grupo indagado han sido aleatorias.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación sobre modelos mentales empleados por estudiantes sobre Electroestática en la materia Física II, y en una ingeniería donde dichos conocimientos son muy relevantes para su futuro perfil profesional, arrojó resultados que, si bien son de carácter preliminar, de alguna manera están “avisando” como están co - construyendo sus conocimientos en la postpandemia y en particular sobre dicho contenido.

Con excepción las respuestas a la pregunta Q 4 – II, – donde el grupo indagado la respondió al finalizar la enseñanza sobre Electroestática –, los demás rendimientos de este grupo han sido menores a los del grupo testigo. Mediante distintos análisis estadísticos descriptivos e inferenciales se pudo afirmar, con cierta probabilidad, que los modelos mentales empleados por los alumnos de la cohorte del año 2023, propio de un escenario postpandemia de Sars-Covid-19 – han involucionado con relación a los de la cohorte 2013 o de un escenario prepandemia -. Estos “retrocesos” cognitivos - y metacognitivos - se observó tanto en los modelos de carácter científico como en los dos considerados lógicos. Expresado de otro modo, el grupo indagado presentó mayores dificultades para poder inferir, razonar, comprender, y comunicar diversas situaciones problemáticas sobre ley de Coulomb y Campo Eléctrico. Por ejemplo, cuando se observó el desconocimiento de las características elementales en una interacción de cargas eléctricas según su signo - lo cual ya es de por sí bastante llamativo –; además de no poder interpretar algunas de las consignas propuestas; por ejemplo, en la pregunta Q3. Estas “señales de alerta” muestran que hay alumnos que no cuentan con las competencias básicas que les permitan resolver distintas cuestiones y en particular sobre Electroestática, en una asignatura que es primordial para su futuro profesional como ingeniero.

No obstante ello, se sugiere continuar esta investigación para validar los resultados en este trabajo; y en particular, para cualquier escenario *a posteriori* de haber usado Ambientes Virtuales de Aprendizaje Absolutos en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Además, se propone hacerlo tanto en este mismo contenido como para otros de Física II, y así analizar, de acuerdo con la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, de qué manera se debe enseñar dicha materia según “lo que sabe el estudiante”. Por otro lado, también sería deseable que estas investigaciones se efectúen en otras materias para cualquier carrera universitaria, dado que debería investigarse si el escenario propio de la postpandemia ha ocasionado una disminución de las capacidades necesarias con que deben contar los profesionales “en formación” en un ambiente educativo donde, y desde hace tiempo, se considera que está en crisis, con varias causas, y situaciones por resolver.

VI. REFERENCIAS

Los números de las citas son automáticos y aparecen entre corchetes [1] [2] [3] (estilo IEEE). A menos que haya seis autores o más se incluyen todos los autores y no se utiliza "et al.". Los artículos que no hayan sido publicados deben ser citados como "Sin publicar" [4]. Los artículos aceptados para publicación deben ser citados como "En Prensa" [5]. Para los artículos publicados en un idioma que no sea inglés, por favor utilice primero la cita en inglés, seguida de la cita en el idioma original [6].

- [1] A. Lanuque, Estrés universitario. Estudiantes centennials vs. sistema de evaluación. Dunken, 2019.
- [2] E. Martín Ortega, en “La educación está desnuda”, J. I. Pozo. SM, 2020, p. 11.
- [3] D. P. Ausubel, Ausubel, D. P. Educational Psychology : a cognitive View. 2th ed. New York:Holt, pp. 40 - 41, 1978.
- [4] P. Johnson- Laird, P., Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness. Harvard University Press. Cambridge, 1983.
- [5] I. M. Greca, y M. A. Moreira, “Mental, physical and mathematical models in the teaching and learning of Physics”. Science Education, v. 86, n. 1, p.106 a121, 2001
- [6] X. Bohigas, y C. Periago, “Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de Ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico”. Revista Electrónica de Investigación Educativa, p. 2, 2010.
- [7] J. J. Solaz-Portolés y V. Sanjosé, “Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato”. Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol.10, n.1, p. 10, 2008.
- [8] I. M. Greca y M. A. Moreira, “Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de posgrado y físicos profesionales”. Investigações em Ensino de Ciências, p.99, 1996.
- [9] C. M. Enrique, “¿ Los modelos mentales que emplean los alumnos sobre los conceptos de electrostática dependen de la ingeniería que estudian?. Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada, vol. 1, n. 1, 2019.

Realidad Aumentada para la mejora del aprendizaje en Educación Básica

Augmented Reality to improve learning in Basic Education

Sánchez Romero Luis Enrique, Ortiz Huerta Eduardo Gabriel
Pérez Onesto María Fernanda, Martha Rocío Conchas Gaytán
Escuela Normal de Ecatepec (México)

sanchezromeroluisenrique@gmail.com, eduardoma2810@gmail.com,
mariaonestoCQ@gmail.com, rocioconchasgaytan@gmail.com

Resumen — La RA (Realidad aumentada) es parte de la nueva tecnología que ha llegado a nuestra sociedad apenas hace unos cuantos años. La RA no solo es una herramienta para poder jugar o entretener; incluso puede ser educativa y desarrollada en el ámbito de la educación. Existen nuevas aplicaciones que se han desarrollado para poder ser implementadas en las escuelas, la finalidad de este trabajo fue identificar el impacto de la RA en educación básica, los resultados que se obtuvieron aplicando la metodología investigación acción en 3 diferentes escuelas al aplicar instrumentos y poner en práctica la RA en las aulas de diferentes grados de educación primaria, demuestran que los estudiantes lograron un crecimiento académico, desarrollando la atención, participación, motivación, así como la mejora en el aprendizaje.

Palabras clave; realidad aumentada; aprendizaje; educación primaria.

Abstract — AR (Augmented Reality) is part of the new technology that has arrived in our society just a few years ago. AR is not only a tool to be able to play or entertain; it can even be educational and developed in the field of education. There are new applications that have been developed to be implemented in schools, the purpose of this work was to identify the impact of AR in basic education, the results that were obtained by applying the action research methodology in 3 different schools by applying instruments and putting in practice the AR in the classrooms of different grades of primary education, show that students achieved academic growth, developing attention, participation, motivation, as well as improvement in learning.

Keywords; augmented reality; learning; primary education.

I. INTRODUCCIÓN

La educación en México ha sido la misma durante mucho tiempo y se sigue enseñando de la misma manera tradicional que hace algunos años, aun con la tecnología en pleno apogeo. Entonces, el objetivo de esta investigación es poder saber y conocer que tan efectiva es la implementación de la realidad aumentada en las aulas de educación primaria propiamente en el Municipio de Ecatepec Estado de México y que tan favorecedor es como una estrategia o método de enseñanza en la escuela.

Pero ¿Cómo funcionan la realidad aumentada en las aulas de primaria? y a lo cual nos replanteamos ¿Qué aspectos favorece la realidad aumentada en educación primaria?

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología que se caracteriza principalmente por completar el espacio físico o digital con elementos imaginarios. En este se pueden colocar imágenes, textos, audios u objetos con los que se puede interactuar a través de la pantalla de un móvil, un ordenador con webcam o una tableta. Para poder "observarlos" necesitamos una cámara que capte la realidad en la que se superpone la información deseada. Esto quiere decir que podemos formar escenarios imaginarios o de otra época en nuestro espacio. Por ejemplo, podemos traer los dinosaurios a nuestra época desde nuestros aparatos electrónicos. Debido a que la tecnología ha ido en crecimiento y con esto, crecen las necesidades de actualización, no solamente en las sociedades actuales, sino también en el ámbito de la educación. Esto ha provocado que, en muchos países, principalmente en países desarrollados o como nosotros los conocemos

comúnmente, primermundistas, adopten la RA en sus clases para una manera más didáctica y eficaz. Así mismo se tienen que crear Entornos Virtuales de Aprendizaje, (EVA). Entonces, con el objetivo de lograr mayores índices de motivación, el contexto educativo ha sido escenario de la introducción de conceptos como la gamificación y el aprendizaje adaptativo en el desarrollo de EVA. El empleo de los EVA se ha convertido en un complemento de gran apoyo a los procesos académicos tanto presenciales como a distancia, siendo más efectivos los que constituyen entornos inmersivos" [1].

Esto nos menciona que la realidad aumentada tiene dos funciones principales en la educación: el poder ser utilizado para enseñar un tema desde cero y el segundo, reforzar un tema y que sirva de apoyo. Dependerá del estilo de enseñanza del docente titular como se implemente dentro de su clase y en qué temas la querrá utilizar. Debemos tener claro que no se puede dejar todo el papel a un solo método de enseñanza, ya que el alumno debe desarrollar diferentes habilidades y capacidades dentro de su formación académica. Esto, además, debemos de conocer que la realidad virtual es una manera de poder trabajar sus emociones y las habilidades socioemocionales, debido a que:

“El procesamiento de la información recopilada de cada alumno permite realizar un seguimiento individual del progreso del alumno y proporciona esta información al profesor para realizar el seguimiento de forma más exhaustiva. La inmersión en entornos virtuales de aprendizaje promueve mayor motivación en los alumnos” [2].

Esto nos indica que el trabajar con RA en las aulas, pueden llegar a favorecer el desarrollo de aprendizajes cognitivos y emocionales de los alumnos. Pero surge una gran interrogante ¿Por qué en México no utilizamos esta metodología para la enseñanza? Debemos de conocer que sabemos de tecnología en nuestro país, para ir revisando por qué no se implementa la RA en nuestro país. Para esto la UNESCO cita a Lemarchand donde se refiere que, en la actualidad, América Latina y el Caribe, enfrenta grandes desafíos educativos [3].

Existe deserción escolar y los alumnos siguen sin poder conseguir un sentido y significado a lo que se enseña en las escuelas, solo se quedan con los conocimientos básicos y que comúnmente y probablemente utilicen en su vida cotidiana. Con esta problemática, los docentes titulares en educación primaria continúan utilizando los mismos métodos de enseñanzas ya que se sigue creyendo que un método tradicional es la mejor manera de enseñar. Esto provoca que la tecnología siga sea desapercibida en nuestro sistema educativo y se siga creyendo que solamente necesitamos por mucho, una computadora portátil y un cañón para poder presentar un video sugerido que menciona el plan de estudios y dejar un cuestionario, esa es, al parecer el uso de la tecnología utilizada en el país, por lo tanto, la RA pasa a verse como un juego.

II. MÉTODO

Para poder realizar y poner en práctica el objetivo de investigación, para el desarrollo del presente trabajo, se tomaron referentes de la investigación-acción considerando que uno de sus propósitos es comprender y resolver problemas cotidianos que favorezcan la mejora de la calidad de los procesos estudiados y de los implicados, se trabajó a partir de intervenciones a pequeña escala los conocimientos que se adquirieron por medio de la RV por medio de un cuestionario que nos arrojó los resultados antes y después de la implementación de dicha tecnología. Esta metodología nos permitió identificar los pasos y los momentos en los cuales se tenía que recabar, analizar y replantear los resultados.

Se asignaron tres escuelas diferentes en el municipio de Ecatepec de Morelos, las cuales se trabaron con grados diferentes (2°, 3° y 4° años respectivamente). Los niños tienen una edad entre los 7 y 9 años.

El salón de segundo año, es un salón pequeño, ya que solo cuenta con 12 alumnos y a simple vista y con el examen diagnóstico, podemos reconocer a un alumno que padece de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH).

En el salón de tercer grado, es un salón numeroso, en él se encuentran 34 alumnos, en este grupo con ayuda del diagnóstico podemos encontrar a un niño con problemas de lenguaje, de ahí la mayoría de los niños se desarrolla perfectamente en todas las áreas.

En el grupo de cuarto año, es otro salón bastante numeroso conformado por 32 alumnos, de los cuales 3 tienen demasiado rezago, falta de apoyo familiar y conocimientos no básicos (leer, escribir, números) y una niña con dislexia y rezago general a su edad. La mitad del resto del salón con un rezago generado por las clases virtuales. La zona escolar donde se encuentran es de bajos recursos, mediamente segura.

III. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

Se eligió trabajar con la aplicación "Hope" y "Quiver", la cual tiene como objetivo principal el poder ser utilizadas como una herramienta de generar conocimiento. Además, que los temas que podemos encontrar en dichas aplicaciones son únicamente los que pueden apoyar a fortalecer. Los aprendizajes que se trabajaron durante la propuesta fueron los relacionados con las siguientes temáticas:

A. Temas

- El sistema solar
- Clasificación de animales
- Mis emociones y yo

Desarrollamos un cubo de realidad virtual para poder enseñar el tema de "El sistema solar" y dos compañeros trabajaron con "Hope" utilizando para poder enseñar en casa y en escuelas.

Se puso en práctica y se implementó la realidad aumentada en las aulas. En un salón se decidió implementar el cubo de realidad aumentada, y los otros dos compañeros utilizaron el proyector para poder presentar sus actividades y se pudiera observar mucho mejor para todos los alumnos.



Figura 1. Aplicación de la realidad aumentada en cuarto año de primaria

IV. RESULTADOS

Los alumnos desde que se les mencionó que iban a realizar una "actividad diferente" a las que estaban programadas, reaccionaron de una manera entusiasmada y ansiosos por querer realizarla. Esto sirvió, hasta cierto punto como una manera indirecta de conductismo, pues no fue la función original el aplicar la realidad virtual como un método para controlar, pero favoreció el proceso durante toda la clase ya que los alumnos realizaban las actividades de otras materias de manera más rápida y precisa para posteriormente poder pasar a la actividad de realidad virtual. Otro aspecto que se observó fue que los alumnos durante la aplicación, tenían toda la atención puesta en lo que se estaba presentando y hacían muchas más preguntas de las que se solían presentar, además que estas actividades favorecieron porque en base a su examen diagnóstico de inicio de año, pudimos detectar que en su mayoría son alumnos con estilos de aprendizajes orientados hacia lo visual como se muestra en la figura 1, por ende al tener una actividad totalmente visual solicitar o llamar su atención no fue una problemática para la realización de estas acciones.

Durante la aplicación de la prueba, los alumnos se mostraban entusiasmados, reaccionaron de una manera positiva, aceptaron la propuesta de buena manera, se trabajó mucho la participación en la clase de cada uno y también se encontraban muy contentos porque decían que les gustaba la tecnología, ya que era algo que no están acostumbrados a ver diariamente dentro del salón de clases, inclusive hubo comentarios de alumnos que querían aplicarlo con sus hermanos o primos pues ven que la tecnología aplicada de manera lúdica les sorprendía ver que tanto pudieron aprender de ello y aplicarlo inclusive fuera del salón de clases y siempre estuvieron muy atentos. Todos los alumnos tuvieron una buena aceptación hacia el trabajo que se realizó en ese periodo.

Respecto a los maestros titulares, al comentarles sobre la propuesta que se tenía planeada, mencionaron que era una muy buena propuesta y se nos solicitó que si les podíamos ayudar con propuestas de aplicaciones y programas para ellos emplearlo pues comentaban que los alumnos están tan abiertos a la tecnología de hoy en día que algo que ellos están acostumbrados a tener diariamente lo pueden contemplar como un aprendizaje significativo. Además, que apoyaron en todo lo necesario para que las sesiones salieran de manera exitosa. Los docentes se mostraron sorprendidos sobre lo que estaban observando y como se comportaban los niños, ya que no solo los alumnos estaban aprendiendo, si no ellos igual. Se les hizo un cuestionario previamente antes de realizar las actividades planeadas y estos fueron los resultados:



Figura 2. Primera evaluación antes del recurso de RA

Después de que se trabajara con los alumnos sobre los temas tratados (El sistema solar, clasificación de animales, mis emociones y yo) se les aplicó varios instrumentos de evaluación (preguntas abiertas, participación, cuestionario) las cuales respondieron después de finalizar la propuesta de la RA con el afán de encontrar las fortalezas, arrojando los siguientes puntajes.

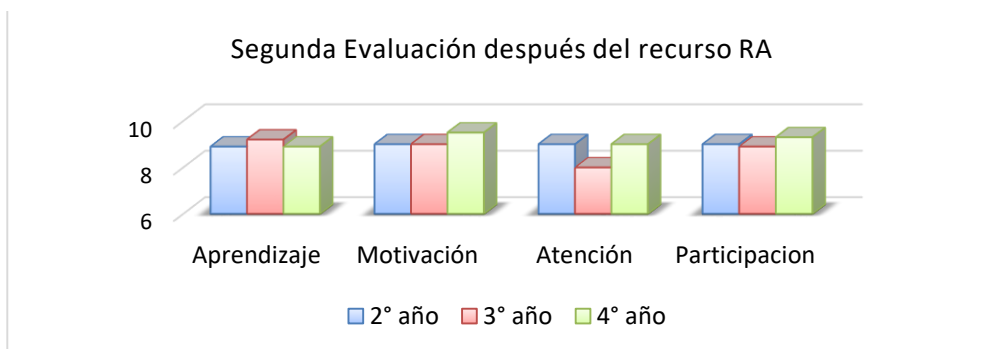


Figura 3. Segunda evaluación después del recurso de RA

Como podemos observar en la figura 2, se aprecia un mejor rendimiento en los estudiantes en los diferentes temas tratados arriba mencionados, debido a que era una nueva forma de enseñarles un tema que probablemente ya estaban viendo o que iban a revisar, reiterando que la tecnología en los salones escolares tiene un resultado positivo y que las calificaciones subieron y es un factor que influyó mucho en la aplicación de nuestro instrumento.

V. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que cuando se aplicaron recursos de realidad aumentada en los grupos de educación primaria, hubo un mejoramiento tanto en calificaciones, aprendizajes, motivación y autonomía, ya que la mayoría de los alumnos podían realizar sus actividades satisfactoriamente; además que los docentes titulares estaban sorprendidos y a favor de esta estrategia de enseñanza en sus alumnos al ver los resultados, nos podemos llegar a replantear. ¿Por qué no se utilizan la realidad aumentada en las escuelas mexicanas? Al respecto, el papel del docente no solamente es enseñar en el salón, si no debe de planificar, investigar, desarrollar y plantear todo un proceso creativo para que los estudiantes no se queden atrasados, todo esto puede significar que, aunque un docente quiera modificar sus actividades haciéndolas más didácticas y entretenidas, todos los docentes enfrentan al mismo enemigo; la falta de recursos en las escuelas. actualmente en el Estado de México existen demasiadas carencias educativas y claramente hablamos de temas de infraestructura.

VI. REFERENCIAS

- [1] Bachen, C. M., Hernández-Ramos, P., Raphael, C., & Waldron, A. (2016). How do presence, flow, and character identification affect players' empathy and interest in learning from a serious computer game? *Computers in Human Behavior*, p. 123. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.06.043>
- [2] Comas-González, Z., Echeverri-Ocampo, I., Zamora-Musa, R., Velez, J., Sarmiento, R., & Orellana, M. (2016). "Tendencias recientes de la educación virtual y su fuerte conexión con los entornos inmersivos" *Espacios*. p. 34
- [3] Lemarchand, G. A.. (2009). "Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe", *UNESCO eBooks*. Obtenido de <http://disde.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/2275>
- [4] Chasson, G. S., Elizabeth Hamilton, C., Luxon, A. M., De Leonardis, A. J., Bates, S. , & Jagannathan, N (2020). "Enhancing motivation for change in hoarding disorder using virtual reality" *Journal of Obsessive-Compulsive and Related Disorders*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jocrd.2020.100519>

Aprendiendo a programar en una Olimpiada de programación

Learning to code in a programming Olympiad

Agustín Russell, Luis Fagundez, Pablo Fabián Cabrera

Instituto Superior Brazo Oriental - Uruguay

agustin.russell@docente.ceibal.edu.uy; luiseduardofagundez@gmail.com; cabrerabrandi@gmail.com

Alejandro Miños

Instituto Normal de Enseñanza Técnica - Consejo de Formación en Educación - Uruguay

alejandromifa@gmail.com

Resumen — Este artículo describe una experiencia de trabajo desde una asignatura del área programación en las Olimpiadas organizadas por el Plan Ceibal, en Uruguay. Se presenta la experiencia en la cual un grupo de Enseñanza media tecnológica en Informática [segundo ciclo de enseñanza media], desarrolla un proyecto de software que tiene como eje la eficiencia energética. Los participantes en las actividades se muestran motivados, al tiempo que la propia presentación del proyecto permite trabajar competencias digitales generales. Se observa que la implementación de un proyecto en el contexto antedicho, puede ser relacionado convenientemente con el programa de un curso de programación orientado a objetos.

Palabras clave; didáctica de la informática; programación; proyectos.

Abstract — This article describes a work experience from a programming area subject in the Olympics organized by Plan Ceibal, in Uruguay. The experience is presented in which a group of Technological Secondary Education in Computer Science [second cycle of secondary education], develops a software project that has energy efficiency as its axis. The participants in the activities are motivated, while the presentation of the project itself allows working on general digital skills. It is observed that the implementation of a project in the aforementioned context can be conveniently related to the program of an object-oriented programming course.

Keywords; computer science didactics; programming; projects.

I. INTRODUCCIÓN

A. Sobre los proyectos de programación

Al momento de crear una secuencia didáctica, el docente debe optar por aquellas estrategias áulicas que permitan lograr aprendizaje en los estudiantes [1]. Una de estas formas de abordar el trabajo lo constituye el aprendizaje en proyectos en el sentido dado por Fiore y Leymonié [2].

El aprendizaje en proyectos es una forma de trabajo donde el docente se convierte en guía del estudiante, el cual genera caminos propios de aprendizaje. Una pregunta, problema a resolver o investigar es el disparador del proyecto, de modo que el estudiante busca, analiza y resuelve la situación planteada. El proyecto se convierte en una actividad de investigación para el estudiante, quien gracias a la motivación extrínseca [2] que genera el mismo proyecto, el alumno se ve fuertemente involucrado. El docente debe guiar al estudiante, mostrarle posibles caminos a seguir, formas de trabajo, recursos y eventualmente soluciones posibles. Esta forma de trabajo convierte al proyecto en una verdadera situación de acción

didáctica en el sentido dado por Brousseau [3]; actividad que no debe confundirse con una tarea extensa, domiciliaria o que relaciona varias áreas del saber.

B. Las Olimpiadas de Programación, Robótica y Videojuegos

Las Olimpiadas de Programación son actividades en el marco de Ceibal en las cuales se busca que los participantes desarrollen productos de programación en el marco de la educación formal. Las Olimpiadas establecen plazos e hitos para todos los equipos participantes, independientemente de la categoría en la que compitan. El primer período de inscripciones y acompañamiento se corrobora que los equipos cumplen los requisitos exigidos, pudiendo pasar a la siguiente etapa y por tanto al proceso de acompañamiento del proyecto. En el segundo período se pone en práctica el proceso de acompañamiento a los estudiantes por medio de videoconferencias y se solicita una serie de entregables y videos de presentación de sus ideas y equipos. La tercera etapa es la entrega del proyecto de programación en formato digital, junto con un video final. Posteriormente un jurado selecciona los equipos finalistas que participarán en la olimpiada. Por último, se realiza una presentación en formato de feria de proyectos con tres representantes por grupo finalista. Se presentan los trabajos, otorgan premios y menciones especiales.

C. Olimpiadas de programación en el contexto de los bachilleratos de informática

Los Bachilleratos de Informática forman parte de la Enseñanza Media Superior, permitiendo culminar la enseñanza secundaria al tiempo que brindan una formación profesionalizante [4]. Luego de los primeros años, el tercer año se diversifica en tres orientaciones: soporte, desarrollo web y videojuegos. El primer perfil se orienta principalmente a actividades de mantenimiento informática, son sistemas operativos y redes como ejes constitutivos. El énfasis en desarrollo se orienta a la programación de sistemas en entornos web. El perfil de videojuegos permite trabajar algunas dimensiones propias de la creación de videojuegos.

Una de las áreas de estudio fuerte es la programación, puesto que la misma es abordada desde el primer año y en los tres perfiles de egreso. El programa del curso curricular de Programación 2 [5], que se enfoca en los principios de la programación orientada a objetos usando Java, permite poner en práctica un proyecto armonizando el mismo con el programa de la asignatura.

Si bien en las Olimpiadas es deseable el trabajo conjunto de varios docentes y asignaturas, esto resulta difícil. La poca cantidad de horas de coordinación docente disponibles reduce la existencia de espacios de discusión y acuerdo. Las bases de la competencia requieren el uso de algún lenguaje de programación y que los participantes cursen bachillerato, no existiendo otro requisito asociado a la programación [6].

II. LA OLIMPIADA DE PROGRAMACIÓN

A. Objetivos del trabajo

Las Olimpiadas parecen ser adecuadas para construir un proyecto en el cual se integre la asignatura Programación II de forma armoniosa, asociado esto a la secuencia de contenidos y estrategias áulicas. De este modo es que se formularon las preguntas: ¿pueden las olimpiada de robótica integrarse en un curso de Programación II?, desde el trabajo áulico, ¿qué aspectos asociados al proyecto podrían destacar?

B. Población y contexto

Durante el año lectivo 2022, por el Instituto Brazo Oriental participaron dos grupos en las Olimpiadas de robótica: ambos de 2° año de EMT Informática del turno matutino con una población de adolescentes de entre 16 y 19 años. En un grupo no había presencia de estudiantes mujeres y en el otro solo una estudiante. Cada grupo tenía en promedio unos 15 estudiantes.

Se contó con apoyo institucional tanto de la dirección como de la coordinación de informática. Esta última estuvo presente de forma constante durante todo el proceso del proyecto brindando ayuda logística y administrativa. Fue fundamental contar con esta asistencia ya que los docentes cuentan con una carga horaria baja en el centro y algunas actividades fueron realizadas fuera del horario de clase establecido.

En relación al rendimiento académico, los grupos eran heterogéneos con diversas motivaciones y experiencias. En la etapa inicial la mayoría de los estudiantes se mostraron motivados. La creación del video hizo trabajar a los alumnos de forma colaborativa definiendo roles de actor, editor y guión. Es así que se fomentó la competencia comunicativa y en relación con otras personas.

A medida que avanzó el proyecto, algunos estudiantes mostraban mayor interés e iniciativa que otros, puesto que participaban en todas las etapas de mentoría, consulta y realizaban las entregas previstas; la creación del software fue liderada por este grupo de estudiantes. La diversidad de habilidades y motivaciones enriqueció el aprendizaje y promovió un ambiente de trabajo colaborativo, mientras algunos estudiantes se mostraron muy motivados y participativos, otros evidenciaron menor protagonismo.

C. Desarrollo del proyecto

Durante el año lectivo 2022 el tema de la competencia fue "El camino de la energía", con el lema "Identificar una problemática vinculada a la transformación, almacenamiento, uso o aprovechamiento de

cualquier forma de energía, plantea una idea innovadora sobre cómo solucionarlo y empezá a participar de la Olimpiada" [7].

Las ideas propuestas por los estudiantes fueron diversas, desde sistemas muy complejos hasta otros muy concretos. Se observó que el enunciado inicial sirvió como disparador a la vez que resultó motivante: algunos estudiantes propusieron soluciones que implicaron el uso de sensores, otros una fuerte integración con aparatos electrónicos, en particular con Arduino. Es así que se hizo necesario delimitar y guiar el trabajo de los estudiantes, el cual se debía centrar en la creación de un software. Por tanto se sugirió a los estudiantes se enfoquen en la eficiencia energética en los laboratorios de informática; aspecto aceptado por los ellos. En esta etapa los alumnos también realizaron un video presentación de la propuesta.

Tras discutir y analizar diversas ideas, se identificaron como problemas a resolver el consumo excesivo de electricidad en los salones de informática, cuando los mismos no están en uso. En una primera instancia, se propuso crear conciencia sobre el consumo de energía en los salones para luego desarrollar una solución que permitiese el monitoreo en tiempo real del consumo de energía. Los estudiantes detectaron un problema en su entorno escolar: las computadoras de los laboratorios permanecían encendidas innecesariamente, lo que resulta en un consumo de energía ineficiente. Motivados por esta problemática, propusieron una solución innovadora llamada "Visualizador y controlador de computadoras encendidas en laboratorios de ISBO". Para ello, los estudiantes desarrollaron un software en lenguaje Java que mostraba el consumo de energía de los laboratorios, con el objetivo de crear conciencia y fomentar un uso más eficiente de la energía en la comunidad educativa. Una primera entrega del sistema se caracterizó por mostrar datos de consumo energético, simulados. Si bien se planteó en una etapa posterior implementar la solución anterior en tiempo real, se concluyó que no era posible por los tiempos estipulados para el proyecto. Aun así, la propuesta resultó motivante para los estudiantes ya que el software adquirió sentido práctico a futuro.

El proyecto permitió aprovechar la competencia como un recurso motivacional y creativo para avanzar en el programa curricular del curso. Al mismo tiempo, la necesidad de resolver el problema se asoció al desarrollo de habilidades comunicativas, colaborativas y de resolución de problemas. Estas competencias se ha observado que tienden a desarrollarse mediante las actividades de programación [8], incluso con lenguajes no industriales.

Al momento de secuenciar y enfocar los contenidos programáticos [5] se hizo necesaria la recolección de datos sobre consumo eléctrico. En particular, se realizaron mediciones de consumo de diversos dispositivos como computadores, pantallas, proyectores y televisores. Estos datos fueron clave para lograr simular el consumo en el software a desarrollar. La recolección de información fue determinante, pues permitió que los alumnos definan elementos necesarios para el modelado del problema, como ser las clases, atributos y métodos a usar.

El otro eje programático del curso de Programación 2 es la construcción de una interfaz gráfica sencilla [5], siendo también un aspecto muy importante en el proyecto presentado. Uno de los grupos presentó una interfaz de software sin un gran desarrollo visual, pero que mostraba de manera minimalista los datos relevantes y respetaba los principios de la programación orientada a objetos. Por el contrario, el otro grupo priorizó una interfaz efectiva, amigable, fácil de navegar y usar. Desde lo estrictamente curricular, una capa de presentación minimalista permite que los estudiantes centren su esfuerzo cognitivo en relativamente pocas dimensiones, evitando distractores y reduciendo la dificultad general sin reducir los aprendizajes. Luego de la exposición ante el jurado, los estudiantes se dieron cuenta que se debió priorizar la apariencia visual del trabajo presentado, en lugar de las técnicas de programación utilizadas para la capa lógica. Este aspecto evidenció una tensión entre un curso que debe priorizar las buenas prácticas de programación orientada a objetos y una actividad extracurricular, donde el énfasis está en la presentación del producto.

D. La presentación del proyecto

En la jornada de presentación los estudiantes compartieron sus proyectos e interactuaron con otros equipos y asistentes al evento. Los estudiantes se empoderaron de sus proyectos, organizaron el puesto y lo acondicionaron de manera ordenada y atractiva. A mitad de la jornada un jurado recorrió cada puesto y los estudiantes debieron contar cuál era el problema detectado y el proceso de desarrollo de la solución.

Uno de los grupos se mostró comunicativo, sociable y con facilidad para interactuar con los asistentes al evento. Se entiende que este aspecto ayuda a la hora de presentar el proyecto y de alguna manera influyó positivamente en el jurado. En la rúbrica proporcionada luego de finalizar el evento, una de las categorías a evaluar fue la capacidad del equipo de transmitir el problema y la solución planteada.

Se observó en el otro grupo cierta timidez e introversión durante su discurso y la presentación ante el jurado. Se entiende que este aspecto debió haber sido practicado en clase, brindando el docente las estrategias y herramientas para superar el nerviosismo. No obstante lo anterior, se constató que los estudiantes disfrutaron del evento, pudiendo interactuar con otros equipos y ser los protagonistas.

Además, uno de los grupos obtuvo el primer puesto en la categoría y el otro una mención especial por la resolución del desafío propuesto, lo que fue recibido con entusiasmo y reconocimiento por parte del resto de la clase. El trabajo de ambos grupos quedó registrado en un video en el sitio web de Ceibal [9, 10].

III. OBSERVACIONES SOBRE EL PROCESO Y TRABAJOS FUTUROS

Como se mencionó previamente, el proyecto permitió articular un curso de programación orientado a objetos con una actividad extracurricular, por lo que fue necesario considerar las dos dimensiones a la hora de evaluar los resultados. Al mismo tiempo se observó que las Olimpiadas presentaron algunos desafíos y fortalezas en relación al trabajo de los estudiantes y docentes.

1. Para explicar algunos conceptos del curso se tomaron dimensiones del proyecto como elementos disparadores de la discusión. Aspectos del proyecto como la construcción de objetos o métodos se relacionaron con el trabajo de la asignatura. De este modo, los estudiantes obtuvieron una visión clara de cómo son aplicados los contenidos programáticos en un proyecto real.
2. En el caso de la interfaz gráfica se trabajó de forma similar al punto anterior. En el curso se usó, ejemplifico y desarrolló una interfaz parecida del proyecto, lo que favoreció tanto el proceso de desarrollo del proyecto como el del curso de Programación II.
3. Si bien durante el curso no se trabajó continuamente el proyecto presentado en la Olimpiada, sí es cierto que parte de las actividades de desarrollo se realizaron en horas de clase. Fue necesario generar actividades para los estudiantes que presentaban una menor motivación y compromiso, siendo un caso particular de trabajo los repartidos prácticos.
4. El desarrollo de un proyecto de este nivel puede resultar complicado en grupos de clase con un promedio de 15 estudiantes, debido a la disparidad en el trabajo, la presencia de conflictos y la falta de experiencia en la asignación de roles. Una solución fue dividir a los estudiantes en equipos de trabajo más pequeños.
5. El apoyo de la institución con docentes o coordinadores permanentes en el centro fue crucial. Lo anterior garantizó el respaldo necesario para las actividades relacionadas con los estudiantes en el proceso de mentoría, incluso fuera del horario laboral del docente responsable.
6. La participación en las Olimpiadas resultó motivante para los estudiantes, brindando una oportunidad única para enfrentarse a desafíos académicos y resolver problemas reales. Se fomentaron una amplia gama de habilidades fundamentales para el aprendizaje de la programación.
7. Queda para futuras instancias la cuantificación y comparación de aprendizajes logrados en función de la participación o no en una actividad de este tipo. En tal sentido se espera poder volver a participar en las Olimpiadas de programación, analizando también cómo son los aprendizajes en relación a otros grupos de estudiantes que no participan en ellas; aspecto no considerado en este trabajo.

IV. REFERENCIAS

- [1] S. Antúnez, L. del Carmen, F. Imbernon, S. Parcerisa y A. Zabala. *Del proyecto educativo a la programación de aula*. Barcelona, España: Editorial GRAÓ, 1992.
- [2] Fiore, E. y Leymoní, J. (2007). (Eds.). *Didáctica práctica para enseñanza media y superior*. Montevideo: Magrú.
- [3] Brousseau, G. [1998]. *La théorie des situations didactiques*. En Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causade de Universidad de Montréal, Montréal. Recuperado de <http://www.cfem.asso.fr/actualites/archives/Brousseau.pdf>.
- [4] DGETP-UTU (2019). *Malla Curricular EMT - Informática REF. 2019*. Recuperado de <https://planeamientoeducativo.utu.edu.uy/emt-informatica>
- [5] DGETP - UTU (2019). *Programa de asignatura Programación II*. Recuperado de https://planeamientoeducativo.utu.edu.uy/sites/planeamientoeducativo.utu.edu.uy/files/2020-08/Programación_II_II.%20año.pdf
- [6] Plan Ceibal (2022). *Olimpiada de robótica programación y videojuegos*. Recuperado de <https://www.ceibal.edu.uy/wp-content/uploads/storage/app/media/documentos/bases-olimpiada-2022.pdf>
- [7] Plan Ceibal (2022). *Olimpiada de robótica programación y videojuegos*. Recuperado de <https://olimpiada.ceibal.edu.uy/edicionesanteriores/2022/>
- [8] Vázquez-Cano, E., & Delgado, D. F. (2015). La creación de videojuegos con Scratch en Educación Secundaria. *Communication papers*, 4(06), 63 – 73.
- [9] Plan Ceibal (2022). *Olimpiada de robótica programación y videojuegos - Equipo Blupers*. Recuperado de <https://olimpiada.ceibal.edu.uy/edicionesanteriores/2022/proyecto/436/blupers/>
- [10] Plan Ceibal (2022). *Olimpiada de robótica programación y videojuegos - Equipo ISBO_2do_BB_*. Recuperado de https://olimpiada.ceibal.edu.uy/edicionesanteriores/2022/proyecto/430/isbo_2do_bb_/

Robots virtuales: alternativa para la enseñanza de la robótica educativa

Virtual robots: Alternative for the teaching of the educational robotics

Rosa María Figueredo Rodríguez
Universidad de Oriente. Cuba
rosafr@uo.edu.cu

Diego Antonio Guerrero Alonso, Santiago Ortiz Durán
Centro de Profesores y de Recursos de Mérida, Junta de Extremadura.
Sociedad Científica de Mérida (SCM). España
diegoguerrero@educarex.es, santiagoortiz@educarex.es

Yor Alex Remond Recio
Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba
alex.reymond1990@gmail.com

Resumen— El alto coste del material educativo para interactuar con robots en el mundo de la enseñanza, nos ha llevado a investigar alternativas que hicieran más accesible dicho material a las diferentes comunidades educativas, con independencia del poder adquisitivo del que dispongan. Existen varias plataformas y herramienta para trabajar la robótica educativa, aún son insuficientes para llegar a un alto porcentaje de docentes y que estos lo apliquen de forma efectiva e inmediata en el proceso de enseñanza aprendizaje. El objetivo es socializar una nueva forma de trabajar que reduce la brecha digital, con la utilización de simuladores de robots virtuales que implica importantes cambios en la forma de enseñar, dando como resultado, que favorece el desarrollo de habilidades tecnológicas y un ahorro económico para el país e institución.

Palabras clave; robótica educativa; proceso de enseñanza aprendizaje; robots virtuales; brecha digital.

Abstract— The height cost of the educational material to interact with robots in the world of teaching, you have led to investigate our alternatives that do more accessible material saying to the different educational communities, with independence of the purchasing power of the fact that they arrange. Exist you vary platforms and tool to work the educational robotics, still they are insufficient to come to teachers' loud percentage and than these apply it of effective and immediate form in the process of teaching learning. The objective is to socialize a new form to work that you reduce the digital breach, with simulators' utilization of virtual robots that implies important changes in the way to teach, giving as a result, favorable the development of technological abilities and a cost-reducing saving for the country and institution..

Keywords; educational robotics; teaching and learning process; virtual robots; digital divide.

I. INTRODUCCIÓN

La implementación de la robótica educativa en el mundo, se potencia desde el currículo escolar.

Los insuficientes recursos económicos para interactuar con robots, nos obligan a buscar alternativas para todas las comunidades educativas, principalmente para los docentes, ya que implica importantes cambios en la forma de enseñar, pasando a ser el rol de los educandos más activo en el proceso de aprendizaje.

Fruto del contacto con los profesores Diego Guerrero y Santiago Ortiz que trabajaban en esta línea desde España, Remond y Figueredo en el (2018 y 2020), ofrecieron una metodología para la enseñanza de la programación con Scratch a partir de cuatro etapas fundamentales [1] [2] que sientan las bases para el trabajo con esta aplicación.

Guerrero, Ortiz, Remond y Figueredo (2022), después de cinco años defendiendo la importancia de la programación por bloques en Educación, desarrollaron varios prototipos de robots y simuladores virtuales con Scratch, posibilitando la reducción de la brecha digital que origina el alto coste de los robots reales a través de la utilización de recursos online. Plantearon además, que utilizando la metodología de Aprendizaje Basado en Retos (ABR) y Aprendizaje Servicio (ApS), se consigue una mejora del Sistema Educativo y de la Comunidad Educativa, y por extensión, de la sociedad actual. [3]

Estos autores, en el artículo citado anteriormente, definieron qué es un robot virtual, planteando que es un objeto digital diseñado y programado con la aplicación Scratch que simula el mismo comportamiento, tareas o acciones que un robot real.

La utilización de recursos online para el diseño, desarrollo y uso de robots virtuales a través de Scratch, es una magnífica vía para la enseñanza de la robótica educativa. Scratch es un lenguaje de programación visual orientado a objetos y basado en bloques <https://scratch.mit.edu/>

La plataforma Disanqueku, sencilla pero eficaz para la Gestión del Aprendizaje, facilita el proceso tanto a distancia como presencial, con acceso a todos los contenidos, retos y solucionario, así como a proyectos de robots virtuales con los que crear nuevos retos. Nos va a servir tanto para la enseñanza en instituciones educativas como en empresas, con la utilización de metodologías que hacen posible el aprendizaje de los educandos y participantes.

Figueredo (2018) planteó que es cierto que los estudiantes de hoy día necesitan desarrollar competencias que les permitan ser competitivos y exitosos en una sociedad donde la tecnología crece a un ritmo vertiginoso, por esta razón, es necesario asegurar la calidad del proceso educativo, siendo uno de los desafíos que tienen que afrontar las instituciones educativas de cada país. Existe una dificultad añadida en lo referente a la preparación del docente para enfrentarse a estos nuevos retos, dificultad que necesita ser superada, y en este importante punto hay que tener en cuenta las características y ventajas que esta herramienta aporta a este proceso.

Guerrero y Ortiz, trabajaron para crear estos simuladores de robots con Scratch, robots que a día de hoy siguen evolucionando estando ya en desarrollo la cuarta generación que incorporan sensores de distancia y presencia, configurables a la hora de determinar los ángulos a medir, también, incorporan herramientas para el desarrollo de videojuegos educativos con programación robótica, aplicables a todas las áreas y contenidos educativos.

Fue necesaria la creación de esta aula virtual sencilla, libre y abierta para toda la comunidad educativa, eficaz para el aprendizaje del funcionamiento de los robots virtuales y por transferencia positiva hacia los robots reales.

II. FACILIDAD DE USO

Se utilizó la plataforma GOOGLE SITE por su sencillez, y está accesible para todo el personal que desee interactuar con la misma. Los profesores de la Junta de Extremadura, España; dando respuesta al proyecto “La Robótica Educativa en la enseñanza Primaria y Secundaria Básica. Perspectivas de desarrollo” del Departamento Educación Informática de la Universidad de Oriente de Santiago de Cuba, donde se llevó a cabo la experimentación, dentro del proyecto sectorial “Introducción de la robótica educativa en la Educación General Cubana” crearon el aula virtual y cada día se perfecciona.

Se aplicaron distintos métodos de investigación que permitieron diagnosticar el conocimiento que los docentes poseían sobre la robótica educativa para así, propiciar el desarrollo de habilidades digitales, comunicativas y creativas, y convertirse en un motor impulsor para la innovación en el sector educacional de forma global sea el país que sea.

Para acceder a la plataforma es a través del enlace <https://sites.google.com/view/disanqueku>, desde donde se imparten cursos, se gestionan materiales educativos y se encuentran los simuladores virtuales con un comportamiento real; así como actividades para el uso de prototipos de robots ya creados permitiendo construir prototipos de robots en Scratch. Estos Robots han sido creados por los autores de este proyecto y son totalmente gratuitos y abiertos, para su manipulación, variantes y mejoras (siempre que se nombre a los autores). Se persigue así un acercamiento de la programación y la robótica a toda la sociedad y especialmente a aquellos que no tienen medios económicos (aunque es válido para todos).

En esta plataforma han interactuado muchos docentes de diferentes países, entre ellos Cuba, como ilustra en la figura 1.

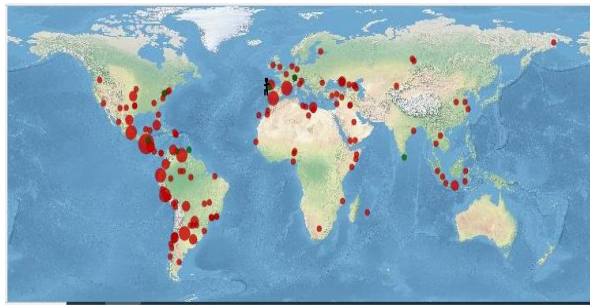


Figura 1. Mapa de países que han visitado el enlace

Los docentes miembros del proyecto antes mencionado fueron los primeros en recibir el curso.

Tabla 1. Matrícula del curso sobre robótica educativa.

Tabla	Tabla Matrícula del curso	
	Matrícula inicial	Matrícula Final
Matrícula	10	10

A través de Tweets se interactúa con los docentes como se ilustra en la figura 2.



Figura 2. Estadísticas de los Tweets

Tabla 2. Composición de los cursistas.

Tabla	Tabla Cursistas			
	Docentes de la Universidad de Oriente	Docentes de la Dirección Provincial de Educación	Docentes de la enseñanza media general	De ellos son cuadros
Matrícula	8	1	1	2

En la web encontrarás actividades encaminadas a usar prototipos de robots ya creados, reflexionar sobre la importancia y aplicación de este trabajo y saber construir prototipos robóticos con Scratch.

Una vez dentro, se propone una infografía que resume los pasos a seguir para trabajar con los simuladores virtuales de Robots y distintos enlaces con contenidos para iniciación, nivel medio y avanzado, con videos orientadores y sitios web con tutoriales para su estudio, dirigidos a los niveles educativos que van desde Educación Primaria hasta Educación Universitaria, teniendo en cuenta que un lenguaje de programación puede ser todo lo avanzado o sencillo que el docente quiera y necesite.

Se persigue con esta propuesta reducir la brecha digital y acercar la programación y la robótica a toda la sociedad y muy especialmente a aquellos que no tienen medios económicos para la adquisición de robots.

Cuando se accede a cada página, es conveniente leer los comentarios que aparecen en las etiquetas amarillas, lo cual indica las instrucciones a seguir.



Figura 3. Pasos para trabajar con los simuladores virtuales de robot

En esta plataforma encontramos todos los materiales:



0.Robots para Educación Infantil

<https://sites.google.com/view/roboticacondisanedu-retos/robots-e-infantil/modelos-de-tres-niveles>

Figura 4. Para trabajar con los niños pequeños los robots virtuales



1.Los bloques y las variables

<https://scratch.mit.edu/projects/868180806/editor/>

Figura 5. Los bloques y las variables



2. Retos sencillos. Desplazamientos

[Acceso a los retos de desplazamientos](#)

Figura 6. Retos de desplazamientos

Los enlaces que están debajo de las imágenes lo conllevan a los proyectos en Scratch.

En la figura 4 dirigidos para la Educación Infantil, encontrarás proyectos para los niños pequeños accediendo al enlace <https://scratch.mit.edu/projects/748659506> donde, el reto es llegar a los monumentos una vez obtenido los 1100 puntos, además se ofrece un manual con el procedimiento para interactuar con el juego, donde el robot se mueve tanto haciendo clic en las flechas de colores que tiene en la pantalla, como al presionar las teclas del cursor del ordenador.

Cuando se inicia el juego las cuadrículas aparecen en blanco permitiendo así moverse libremente por ella.

Las letras y los números que aparecen en el lado izquierdo se pueden arrastrar hacia la posición que se desee dentro de las celdas, y cuando no desea trabajar con ellas se pueden trasladar fuera de la zona de trabajo. Además, cuando se da clic sobre un carácter irán apareciendo todas las letras por orden alfabético. Lo mismo ocurre con los dígitos. Continuar profundizando en el manual a través del enlace <http://cpmerida.juntaextremadura.net/scratch/muy-peques.pdf>

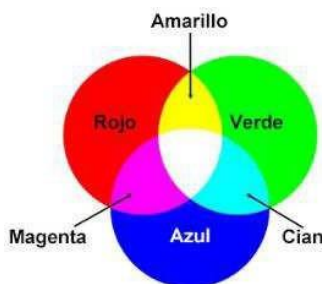
En la figura 5, observarás el procedimiento de cómo trabajar con la categoría Mis Bloques, que aparece al lado izquierdo una vez que hayas abierto la aplicación Scratch, permitiendo así crear tus propios bloques de movimientos y de leds, de acuerdo a las acciones que se desee lograr con el robot, y la explicación de cada uno.

También se ofrecen las funciones que realiza cada uno de los elementos que aparecen en la parte superior del escenario en la pantalla.

Otro elemento importante es el uso de las variables, porque es donde se almacenan y se recuperan los datos de un programa. Se ofrece la explicación de la acción que realiza cada uno.

Brinda ejemplos de retos con sensor de distancia y con el sensor sigue línea.

En la figura 6, se les ofrece dos niveles de retos, los muy sencillos dirigidos para los alumnos de la primera etapa de Educación Primaria para que se inicien en la robótica, a medida que vayan dominando los mismos se introduce poco a poco los desplazamientos y retos más complejos, pueden acceder a los enlaces <https://scratch.mit.edu/projects/786381014/editor/> y <https://scratch.mit.edu/projects/868180806/editor/>



3. Colores RGB

<https://scratch.mit.edu/projects/789784650/fullscreen/>

Figura 7. Colores RGB



4. Añadimos los leds

<https://scratch.mit.edu/projects/789503540/editor/>

Figura 8. Retos con los leds



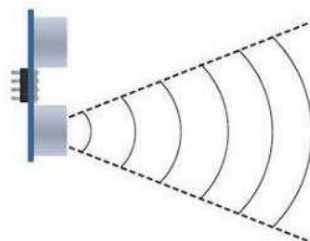
5. Incorporamos los sonidos

<https://scratch.mit.edu/projects/795353826/editor/>

Figura 9. Retos con sonidos

En la imagen de la figura 7 se ofrece un programa donde se ilustran las gama de los colores rojo, azul y verde accionando la barra de desplazamiento que se ofrece en la parte superior del escenario.

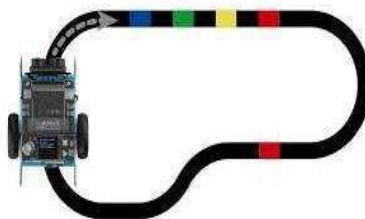
En las figuras 8 y 9, se ilustra un programa donde debes de leer lo que se indica en las etiquetas amarillas para realizar las acciones correspondientes.



6. Retos con sensores de distancia

<https://scratch.mit.edu/projects/789744550/editor/>

Figura 10. Retos con sensor de distancia



7. Retos con siguelínea

<https://scratch.mit.edu/projects/868182483/editor/>

Figura 11. Retos con siguelínea



8.Solucionario

<https://drive.google.com/file/d/1smWdT41npoq9z1T2EMM8WoOL LmdwqKcT/view>

Figura 12. Soluciones a los retos

Lo mismo sucede con las figuras 10 y 11, donde se muestra el editor del Scratch con las instrucciones a realizar

El solucionario que está representado en la figura 12, solo está disponible para los docentes que imparten el curso.

Como resultado, los docentes enviaron sus retos de las actividades realizadas resueltos de cada tema, por lo que necesitaban haber estudiado y entendido los mismos, y lo enviaron a través de un formulario Google que rellenaron.

Se tuvo en cuenta los indicadores como: nivel de efectividad de la alternativa aplicada, del uso de Scratch para la mejora de los robots y de la adquisición de conocimientos.

Resumiendo los criterios realizados por los miembros del proyecto, el 100% planteó que es muy interesante la alternativa, pues permite aplicar la robótica educativa en el contexto escolar, y esto conlleva a buscar nueva forma de enseñar, y por consiguiente trabajar en la didáctica de cómo impartirla. Además de crear tus propios robots virtuales, diseñando las acciones a realizar, para programarla y que simule una actividad real.

También plantearon que la utilización de las aulas virtuales reduce la brecha digital y por consiguiente permite la comunicación con usuarios de otros países que acceden a la plataforma para intercambiar opiniones tanto con los docentes como con sus compañeros utilizando los recursos que brindan la plataforma.

El mismo porcentaje manifestó que la aplicación Scratch es una aplicación informática que ofrece varios beneficios y no necesita tener conocimientos de programación, sino aplicar la lógica para resolverlo.

Puedes ofrecer diferentes situaciones y aumentar los retos, ya que puede ser aplicada al contexto que se desee transmitir, pero para lograrlo debe desarrollarse un trabajo de mesa para ver los núcleos principales de las asignaturas que se pueden potenciar y de esta forma aplicarlo para introducir la robótica educativa que es el objetivo principal, pero puede ser potenciada por otras ciencias.

Se puede trabajar para dar tratamiento a los niños con diferentes niveles de aprendizajes que no han adquiridos los conocimientos básicos y la robótica educativa lo permite.

Esta forma de enseñar a través de e-learning tiene muchas ventajas, destacando:

- Que es flexible, ya que brinda la posibilidad de adaptarse al ritmo de cada estudiante.
- El acceso a los materiales de estudio desde un ordenador o móvil.
- Que es un entorno de aprendizaje confortable.
- El acceso a materiales de estudio que se actualizan constantemente.
- Que brinda la posibilidad de llevar los recursos a la propia aula con la misma herramienta.

III. CONCLUSIONES

La utilización del aula virtual constituyó una vía para potenciar el proceso de enseñanza aprendizaje de la robótica educativa a través de los simuladores de robots virtuales.

Los participantes del curso utilizaron los recursos que brinda el aula virtual para el intercambio de ideas y reflexión sobre los que se trabajaba y aprendía.

El uso de robots virtuales con la aplicación Scratch es una forma de eliminar la brecha digital.

Los profesores pueden interactuar con los participantes por los diferentes canales de comunicación.

Este recurso es ofrecido por los autores de forma libre y gratuita.

IV. REFERENCIAS

- [1] F. R. Rosa María, “Scratch: metodología para programar” en III Conferencia Científica Internacional UCIENCIA 2018. Libro Ciencias Informáticas: investigación, innovación y desarrollo, 2018. ISBN 978-959-286-072-8.
- [2] R. R. Yor y F. R. Rosa María, “Metodología de la enseñanza de la programación con Scratch: una innovación disruptiva de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones”. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas UCI. Vol, 13. No 11, 2020 e- ISSN 2227- 1899
- [3] F.R. Rosa María, G. A. Diego Antonio, R. R. Yor Alex y O. D. Santiago, “Robótica Educativa Virtual Curricular Contra la brecha digital” en XXXV Simposio Internacional SOMECE 2022, México, 2022.

WhatsApp como apoyo para el aprendizaje en tiempos de pandemia hasta la actualidad

WhatsApp as support for learning in times of pandemic to the present

Marin Morales Vanessa, Merida Ramirez Maria Fernanda, Conchas Gaytán Martha Rocío
Escuela Normal de Ecatepec (México)

vanessamarin966@gmail.com, mmerida008@gmail.com, rocioconchasgaytan@gmail.com

Resumen —El WhatsApp como herramienta educativa, ha tenido un auge en la sociedad y asimismo en el ámbito de la educación, ha ido adquiriendo una creciente preponderancia, pues desarrollar las sesiones pedagógicas de la mano de estrategias mediadas que el WhatsApp favorece el aprendizaje, transformando el entorno de la clase en un espacio agradable que el educando descubre el conocimiento y puede compartirlo con sus compañeros. La investigación acción fue la metodología que permitió validar los aspectos que favorece el aprendizaje el uso del medio social, a través de entrevistas a docentes. La incorporación de estas estrategias en el aula, beneficiaron el diseño de múltiples escenarios para trabajar asertivamente, superando las barreras de tiempo y espacio, además de que a nivel primaria mejoró la comunicación con los padres de familia y alumnos.

Palabras clave; *WhatsApp; aprendizaje; estrategias.*

Abstract — WhatsApp as an educational tool has had a boom in society and also in the field of education, it has been acquiring a growing preponderance, since developing pedagogical sessions hand in hand with mediated strategies that WhatsApp favors learning, transforming the environment of the class in a pleasant space that the student discovers the knowledge and can share it with his classmates. The action research was the methodology that allowed validating the aspects that favor learning the use of the social environment, through interviews with teachers. The incorporation of these strategies in the classroom benefited the design of multiple scenarios to work assertively, overcoming time and space barriers, in addition to improving communication with parents and students at the primary level.

Keywords; *WhatsApp; learning; strategies.*

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, se vive en una “sociedad del conocimiento” que se expone a continuas transformaciones producto de los constantes avances tecnológicos. El ámbito educativo no ha sido ajeno a estos cambios e innovaciones y en el hecho pedagógico se convive con migrantes y nativos digitales, lo cual representa un reto para el ejercicio de la docencia.

Por lo tanto, en la práctica docente se establece la importancia de integrar las tecnologías de información y comunicación (TIC) en los procesos de enseñanza-aprendizaje, muy particularmente la incorporación de dispositivos móviles, dado que tanto a nivel global y nacional se ha incrementado su uso entre las personas debido a su portabilidad, inmediatez, conectividad y adaptabilidad. Estas tecnologías han generado un cambio de paradigma en la educación en general y en la educación a distancia debido a que incrementan las

posibilidades de interactuar con los miembros del grupo, mejoraran la comunicación y difuminan la barrera que separa a estudiantes y docentes [1].

A. *La Educación en tiempos de pandemia*

La pandemia cambió nuestras vidas, cambió el accionar de todos los sectores, de las formas de comunicación a nivel laboral y, por supuesto, dio un giro de 180 grados a la forma de interactuar con los estudiantes en el marco de la continuidad educativa. Si bien es cierto, existen diferentes plataformas virtuales mediante las cuales se puede brindar el servicio educativo, como el Zoom, Canvas, Google Meet, entre otras que, mayormente, son empleadas por instituciones universitarias, la situación es diferente cuando se trata de la Educación Básica. Los estudiantes de Inicial, Primaria, sobre todo de las instituciones educativas de gestión estatal, emplean como principal medio de comunicación pedagógica el WhatsApp, impensable, hasta inicios del año 2020, como espacio para desarrollar sesiones de clase que contemplen todos los procesos pedagógicos. Esta afirmación está respaldada con los datos publicados por el INEGI respecto al primer trimestre del año 2021: Entre los que cuentan con educación Secundaria el 94,8% y los que cuentan con Primaria, o menor nivel el 74,8%, usa telefonía móvil [2].

B. *Educación mediada por tecnología*

El tema de las telecomunicaciones y la informática, la educación virtual o educación mediada por la tecnología ha jugado un papel primordial en tiempo de pandemia. Las instituciones educativas acudieron a esta modalidad para continuar con su accionar pedagógico, en donde, lo realmente importante era “mantener la conexión entre los estudiantes y el proceso educativo” [3].

C. *Medio social para el aprendizaje*

El WhatsApp, uno de los programas más populares de comunicación, por su fácil uso y al ser gratuito, se convirtió en el aliado perfecto para la educación mediada por la tecnología. Los teléfonos móviles dejaron de ser medios de comunicación para convertirse en centros de información, y se conoce como el proceso de aprendizaje móvil [4].

La comunicación mediante el WhatsApp es rápida y en tiempo real. Los estudiantes interactúan con mensajes escritos, audios explicativos, videos y fotografías de sus evidencias y enlaces para acceder a otras plataformas. También participan en llamadas grupales para efectos de orientación en pequeños grupos, con implicancia de los medios y materiales que los docentes deben prever para agilizar la interacción en el proceso de aprendizaje-enseñanza a través de este medio.

El WhatsApp, en el contexto de educación a distancia, dejó de ser una herramienta de comunicación informal y meramente amical, para asumir una nueva utilidad: ser un recurso de continuidad educativa en el que el diálogo formal y los procesos pedagógicos pueden ejercerse sin mayor dificultad. “WhatsApp cómo recurso pedagógico en la educación a distancia” [5].

II. MÉTODO

Recuperando algunos principios fundamentales de la fenomenología que busca la descripción e interpretación de la esencia de las experiencias vividas, se opta por utilizar como instrumento de recolección de información para el estudio, la entrevista misma que apoyó a identificar los hallazgos encontrados durante la investigación y con ello reconocer el significado y la importancia en la pedagogía, psicología y sociología según la experiencia recogida [6].

Para elaborar la investigación es necesario conocer si el WhatsApp forma parte o no del trabajo que hacen los docentes, es por ello que se diseñó una entrevista con el fin de saber, los resultados del impacto académico de la aplicación de la propuesta con el recurso.

Para este trabajo se necesitó la colaboración en calidad de informantes de ocho docentes de la escuela primaria Cuauhtémoc turno matutino del Ecatepec Estado de México.

III. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

Se inició con el uso del medio social WhatsApp a partir que en el 2020 se determinó el confinamiento debido a la pandemia de Covid 19 para comunicación con los padres de los niños de educación básica, al identificar las posibilidades se continuó y hubo mayor sistematización del recurso hasta la fecha en el presente ciclo escolar 2022-2023 se aplicó en un grupo de quinto grado con 35 niños de primaria y uno de sexto grado con 40 alumnos. Los niños de ambos grupos tienen una edad entre los 10 y 12 años.

Se emplearon de forma sistemática mensajes de texto y voz, chats en grupo de hasta, llamadas, asimismo se trabajó con archivos compartidos con documentos y videos para retroalimentación de las clases.

IV. RESULTADOS

Se aplicó una entrevista dónde se abordó la importancia de WhatsApp, el uso y el fin de esta aplicación, siempre con fines académicos para bien de los alumnos, pero sobre todo la comunicación con los padres de familia y cómo se lleva a cabo cuando se necesita tratar temas de relaciones a los alumnos.

De acuerdo con el análisis de las entrevistas aplicadas a ocho docentes, se obtuvieron los siguientes resultados:

La mayoría de las respuestas coincidieron en que siguen ocupando WhatsApp después del confinamiento por la pandemia y consideran que es una herramienta indispensable para la comunicación con los padres de familia y no solo con ellos, sino también con los maestros, pero principalmente para la academia de los alumnos, en tiempos de pandemia era la vía de comunicación con los padres de familia, ya que mediante ella entregaban las actividades o trabajos a los alumnos.

Desde ahí se quedó el hábito de comunicarse con los padres de familia, porque consideran que es una herramienta muy fácil de usar y accesible para todos, principalmente en estos tiempos que una mayoría de las personas cuentan con un dispositivo móvil; sin embargo, si no se cuenta con el recurso, se buscan alternativas para poder hacerlo, como anteriormente, que se utilizaban citatorios en cuadernos, impresos o pegados fuera de la escuela y en juntas.

Se reconoce por los docentes entrevistados que hay un impacto positivo en un 67% en el uso de WhatsApp en la vida actual desde el punto de vista académico (Figura 1).

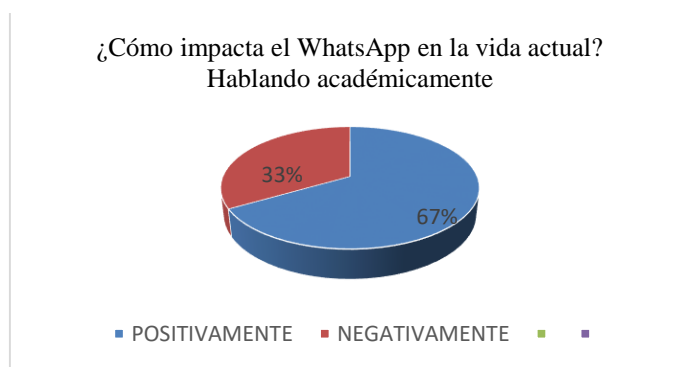


Figura 1. Impacto actual del WhatsApp

El WhatsApp, resultó un medio de fácil interacción con padres, docentes y estudiantes, por lo que se usa de manera cotidiana y favorece el aprendizaje, así se muestra en la figura 2.

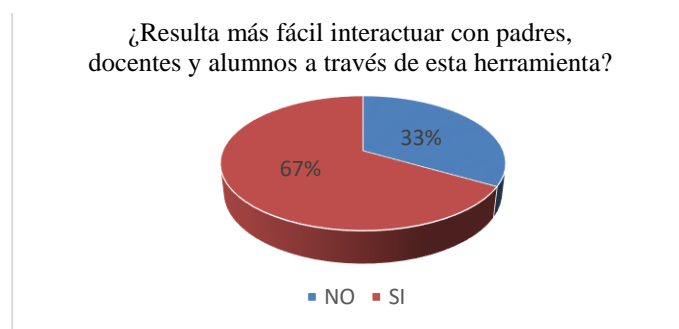


Figura 2. Facilidad de interacción con el WhatsApp

En la entrevista realizada a las docentes sobre la aplicación del medio social WhatsApp se identificaron diferentes aspectos que favorecieron el aprendizaje, un aspecto importante es que permitió compartir guías durante la pandemia, así como recursos como videos, audios y aplicaciones sencillas, favoreció la comunicación efectiva con padres de familia, con otros maestros y alumnos, mejoró la participación, la retroalimentación, la coordinación con los alumnos y la interacción, como se muestra en la figura 3.

Resultados que validan que esta herramienta TIC tiene un potencial para apoyar responsablemente los procesos de enseñanza y aprendizaje, además de desarrollar habilidades para el autoaprendizaje y la construcción social del conocimiento porque provee texto, audio, video e imagen [7].

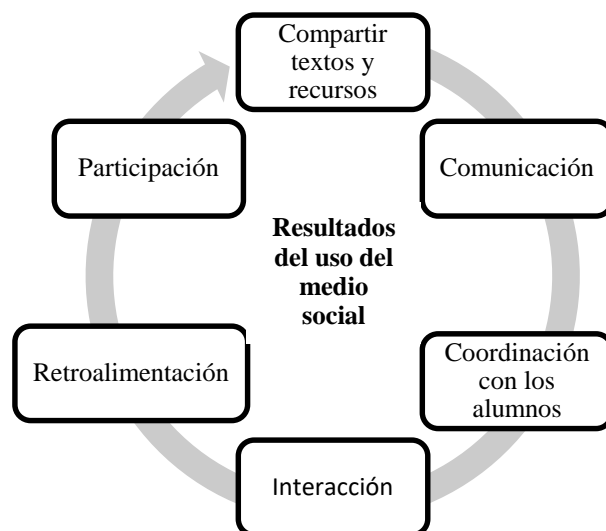


Figura 3. Resultados uso académico del WhatsApp

V. CONCLUSIONES

La implementación del medio social, en este caso WhatsApp, la cual el docente ha hecho de ella una herramienta para tener un mayor acercamiento a los padres y alumnos de manera ágil y al alcance de la mayoría de familias.

Se favorecieron aspectos como la participación, la interacción, la retroalimentación, la coordinación, se tiene la facilidad de compartir recursos digitales y textos.

Si bien como todo tiene sus pro y contras, la que mayor conflicto les ocasiona a los docentes es el que los padres no respetan los horarios de trabajo y algunos se molestan si los docentes no contestan sus dudas de forma inmediata, los maestros toman de su tiempo no laboral para atender cualquier situación en cuestión académica de los padres o alumnos.

A partir de la pandemia, en México se implementaron las tecnologías como recursos didácticos para trabajar la educación a distancia es por ello que este proyecto se llevó a cabo para analizar el impacto que tuvo el medio social en el aprendizaje y cómo sigue implementándose hasta el día de hoy, específicamente se abordó la herramienta de WhatsApp, con esto se apreciaron los aportes al introducir la aplicación a la educación.

La experiencia nos viene ilustrando en el uso de esta herramienta. No solo son los docentes y estudiantes quienes han asumido las bondades del WhatsApp, sino que los padres de familia, allí en casa, que han asumido una labor educativa con mayor compromiso; ahora, ellos saben qué, cómo y en qué momento interactúa el docente con sus menores hijos y cuáles son los recursos metodológicos que se emplean para motivar, generar conflicto cognitivo, establecer propósitos conjuntos, gestionar el aprendizaje, evaluar logros y retroalimentar los productos o retos entregados.

Se está trabajando en la realización de un cuadernillo con recomendaciones didácticas y guía de apoyo para profesores de educación básica, realizar una asesoría con los docentes del uso pedagógico de WhatsApp.

VI. REFERENCIAS

- [1] Cantillo Valero, Roura Redondo y Sánchez Palacín, (2012). "Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación".
- [2] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2021). XII Censo General de Población y Vivienda. México: INEGI.
- [3] Rivera, J. J. Q. (2020). El Efecto del COVID-19 en la Economía y la Educación: Estrategias para la Educación Virtual de Colombia. *Revista Científica*, 5(17), 280-291. Consultada en: http://www.indtec.com.ve/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/500/1137
- [4] Mejía Gonzales, J.G. (2019). Efectividad de la implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), en el ámbito educativo. Universidad de la Sabana. 1 – 32. Consultada en: <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/36317>
- [5] Guzmán Trelles Luis (2021). "WhatsApp cómo recurso pedagógico en la educación a distancia". Sin publicar
- [6] Ayala, R. (2008). La metodología fenomenológica-hermenéutica de M. Van Manen en el campo de la investigación educativa, Posibilidades y primeras experiencias. *Revista de investigación*, 26 (2), 409-430. Recuperado de: <https://revistas.um.es/rie/article/view/94001>
- [7] Trejos Buriticá, O. I. T. (2018). WhatsApp como herramienta de apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje de la programación de computadores. Sin publicar

