



Vol. 36, N° 1 (2024)

ISSN 0257-1749

e-ISSN 1390-3659

DOI 10.37815/rte

AVANCES EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA APLICADA

De la Tecnología Digital a los Retos Energéticos y Sociales





Guayaquil, Ecuador
Vol. 36, Núm. 1 (2024)
Junio, 30

DOI: 10.37815/rte.v36n1



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Autoridades Institucionales (Institutional Authorities)

Rectora

Cecilia Alexandra Paredes Verduga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Vicerrectora de Docencia

Paola Romero, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Vicerrectorado de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Consejo de Editores (Editorial Board)

Directora General Editorial (Editor in Chief)

Nayeth I. Solórzano Alcivar, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: nsolorza@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5642-334X

Directora Ejecutiva Editorial -Coeditor (Executive Director)

Katherine Anabelle Salvador Cisneros, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: ksalvado@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0414-3597

Editores Asociados (Associate Editors)

Fausto Enrique Jácome López, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: fjacome@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6808-7294

Santiago Berrezueta-Guzman, Ph.D.
 Technical University of Munich - TUM, Germany
 Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia - CEDIA, Ecuador
 e-mail: santiago.berrezueta@cedia.org.ec
 ORCID: 0000-0001-5559-2056

Editores/as Invitados (Invited Editors)

Irma Abrigo Córdova, Ph.D.
 Universidad Nacional de Loja, Ecuador
 e-mail: irmabrigocordova2016@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-1537-6313

Patrick Taran, Prof.
 Global Migration Policy Associates, GMPA,
 Switzerland
 e-mail: taran@globalmigrationpolicy.org
 ORCID: 0000-0002-9442-5725

Editores/as de Sección o Temático (Section Editors)

Begoña Mora Jaureguialde, Dra.
 Universidad de Huelva, España
 e-mail: bego.mora@dedu.uhu.es
 ORCID: 0000-0002-1537-6313

Cristian Díaz Álvarez, Ph.D.
 Universidad del Meta, Colombia
 e-mail: cristian.diaz@unimeta.edu.co
 ORCID: 0000-0002-4212-4947

Eduardo Jordan Pérez, Ph.D.
 Griffith University, Australia
 e-mail: e.jordanperez@griffith.edu.au
 ORCID: 0000-0001-5299-8501

Fernando Sandoya Sánchez, Ph.D.
 Universidad de Guayaquil, Ecuador
 e-mail: fernando.sandoyas@ug.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-0011-4003

Hilda Flor Paéz, M.Sc.
 EDUPROSER Cía. Ltda., Ecuador
 e-mail: hflor@espol.edu.ec
 ORCID: 0009-0002-7472-8494

Marcelo Rafael Báez Meza, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: mbaez@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-8563-6985

Marco Antonio González Escudero, Dr.
 Universidad Central del Ecuador, Ecuador
 e-mail: magonzalez@uce.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4415-6579

Miguel Eduardo Yapur Auad, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: myapur@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-6627-7908

Miriam Maricela Checa Artos, Ph.D.
 Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador
 e-mail: mchecha@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9606-7896

Ramón Espinel Martínez, Ph.D.
Centro de investigaciones rurales, CIR
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: respinel@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-4998-2063

Rosa Aurora Espinoza Toalombo, Ph.D.
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
e-mail: respinozat@unemi.edu.ec
ORCID: 0000-0001-6527-1870

Silvana del Pilar Gamboa Benitez, Ph.D.
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
e-mail: silvana.gamboa@epn.edu.ec
ORCID: 0000-0001-5951-1970

Sylvia Novillo Villegas, Ph.D.
Universidad de las Américas, Ecuador
e-mail: sylvia.novillo@udla.edu.ec
ORCID: 0000-0002-7659-6846

Wellington Enrique Wonsang Ureta, BS.c.
San Diego State University Associates in Business Accounting, Estados Unidos
e-mail: wonsangwellington@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3936-9705

Editores/as de Copia - Español (Copy Editors - Spanish)

Diana Llamel Rodríguez Arteaga, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: dirodrig@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-3715-181X

Andrea Victoria Carranza García, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: avcarran@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-1762-4525

Editores/as de Copia - Inglés (Copy Editors - English)

Lidia Govea de Bustamante, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: bgovea@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-6770-1261

Maite Velez Chamaidan, Lic.
Massachusetts Bay Community College, Estados Unidos
e-mail: m_vez3@massbay.edu
ORCID: 0009-0008-8633-818X

Consejo Científico (Advisory Board)

Carlos Teodoro Monsalve Arteaga, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: monsalve@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9428-4360

Boris Xavier Vintimilla Burgos, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: bvintim@fec.espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-8904-0209

Carlos Alberto Ramos Galarza, Ph.D.
Pontificia Universidad Católica del Ecuador
e-mail: ps_carlosramos@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-5614-1994

Diana Carolina Coello Fiallos, Ph.D.
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
e-mail: dc.coello@uta.edu.ec
ORCID: 0000-0003-3628-5004

Diego Fernando Avila Pesantez, Ph.D.
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador
e-mail: davila@esepoch.edu.ec
ORCID: 0000-0001-8394-5621

Elena María Fernández González, Ph.D.
Universidad de Oviedo, España
e-mail: fernandezelena@uniovi.es
ORCID: 0000-0002-5683-0674

Elva Patricia Reyes Díaz, Ph.D.
Universidad Autónoma de Coahuila, México
e-mail: elva.reyes@uadec.edu.mx
ORCID: 0000-0002-8854-0946

Ignacio Bladimir Cerón Guerra, Ph.D.
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
e-mail: ignacio.ceron@epn.edu.ec
ORCID: 0000-0002-6373-9772

Isidro Fierro Ulloa, Ph.D.
Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador
e-mail: isfierro@uees.edu.ec
ORCID: 0000-0002-9000-6945

José Enrique Martínez-Pérez, Ph.D.
Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar, Venezuela
e-mail: josenriquemartinez@gmail.com
ORCID: 0000-0003-3611-639

Jorge Antonio Córdova Morán, Ph.D.
 Universidad Estatal de Milagro, Ecuador
 e-mail: joranto205@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-2730-4755

Juan José Oliveira Maurera, Ph.D.
 Universidad de Oriente, Venezuela
 e-mail: juanjoseoli@hotmail.com
 ORCID: 0000-0002-8474-5872

Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.
 Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
 Ecuador
 e-mail: juan_avellaneda@yahoo.com
 ORCID: 0000-0002-1805-4803

Luke Houghton, Ph.D.
 Griffith University, Australia
 e-mail: l.houghton@griffith.edu.au
 ORCID: 0000-0002-7461-6591

Manuel Raúl Peláez Samaniego, Ph.D.
 Universidad de Cuenca, Ecuador
 e-mail: manuel.pelaez@ucuenca.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-7618-9474

María Del Pilar Cornejo Rodríguez, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: pcornejo@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4198-2904

María Genoveva Espinoza-Santeli, Ph.D.
 Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador
 e-mail: genoveva.espinoza@uasb.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-2347-9507

Olga Kadysheva, Ph.D.
 Global Migration Policy Associates, Switzerland
 e-mail: okadysheva@globalmigrationpolicy.org
 ORCID: 0000-0002-4810-8964

Patricia A. Boeri, Ph.D.
 Universidad Nacional de Río Negro, Argentina
 e-mail: pboeri@unrn.edu.ar
 ORCID: 0000-0003-3262-8030

Paúl Cesar Carrión Mero, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: pcarrión@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9747-7547

Raquel Miroslava Tinoco Egas, Ph.D.
 Universidad Técnica de Machala, Ecuador
 e-mail: raqueltinocoegas@hotmail.com
 ORCID: 0000-0001-5979-8123

Stanislaus Albert-Georg Sonnenholzner, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: ssonnen@cenaim.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5723-3994

Consejo Internacional de Revisores del Volumen (International Reviewers Board)

Ana-Lucía Pérez-Suasnavas, M.Sc.
 Universidad Central del Ecuador, Ecuador
 email: alperezs@uce.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-1700-9672

Bolívar Santiago Laverde Castro, M.Sc. Consejo
 de la Judicatura, Ecuador
 email: santiagolc2013@outlook.es
 ORCID: 0000-0001-7748-0194

Boris Xavier Vintimilla Burgos, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: bvintim@fiec.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-8904-0209

Carlos David Ramos Rosas, M.Sc.
 Universidad Católica los Angeles de Chimbote,
 Perú
 email: cdramos@ucvvirtual.edu.pe
 ORCID: 0000-0002-5868-2441

Carlos Dominguez Ayala, M.Sc.
 Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
 email: jdominguez@ups.edu.ec
 ORCID: 0009-0009-9844-303X

Cathy Pamela Guevara Vega, Ph.D.
 Universidad Técnica del Norte, Ecuador
 email: cguevara@utn.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-2470-8287

Daniel Alberto Dik Rodríguez, M.Sc.
 Danmarks Tekniske Universitet, Dinamarca
 email: danro@dtu.dk

Daniel Orlando Icaza Alvarez, M.Sc.
 Universidad Católica de Cuenca, Ecuador
 email: dicazaa@ucacue.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9989-6809

Darwin Leonidas Aguilar, M.Sc.
 Universidad de las Fuerzas Armadas, Ecuador
 email: dlaguilar@espe.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4991-4818

Dennys Fabian Paillacho Chiluiza, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: dpaillac@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-2813-4516

Edgar Rolando Morales Caluña, Mg.
 Universidad Técnica de Ambato, Ecuador
 email: moralesdoc@gmail.com
 ORCID: 0000-0001-9545-1282

Eduardo Efraín Montero Carpio, M.Sc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: emontero@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-9684-400X

Fernando Francisco Sandoya Sánchez, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: fsandoya@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-0011-4003

Fidel Vladimir Chuchuca Aguilar, M.Sc.
 Universidad Estatal Península de Santa Elena,
 Ecuador
 email: fchuchuca@upse.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-7442-8013

Gabriel Coello Falconez, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: gcoello@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-8652-8436

Irma Abrigo Córdova, Ph.D.
 Universidad Nacional de Loja, Ecuador
 email: irmabrigocordova2016@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-1537-6313

Jorge Luis Zambrano-Martinez, Ph.D.
 Universidad del Azuay, Ecuador
 email: jorge.zambrano@uazuay.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5339-7860

Juan Tarquino Calderon Cisneros, M.Sc.
 ECOTEC-FACSO, Ecuador
 email: jtcalderon@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-8167-8694

María Belén Segovia Navarrete, Msc.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: mabesego@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-4900-8874

Mariela Sanchez Diaz, MSc.
 Consultora independiente, Ecuador
 email: exergia20@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-5054-8221

Mario Esteban Alpizar Rodriguez, Msc.
 Universidad Americana, Costa Rica
 email: mario.alpizarrodriguez@ucr.ac.cr
 ORCID: 0000-0003-0254-5680

Mayra Lorena Mahecha Guzman, Ing.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: mmahecha@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-9334-7246

Miguel Ángel Gutiérrez Soto, Mgs.
 Universidad Adventista de Chile, Chile
 email: miguelagutierrez@unach.cl
 ORCID: 0000-0003-0048-9208

Mónica Acosta Miranda, Dra.
 Instituto Tecnológico de Cuautla, México
 email: monica.acosta@cuautla.tecnm.mx
 ORCID: 0000-0001-5564-8523

Octavio Hernandez Castorena, Dr.
 Universidad Autonoma de Aguascalientes,
 México
 email: ohernandez@correo.uaa.mx
 ORCID: 0000-0002-2609-6616

Pablo Antonio Chong Aguirre, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: pachong@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-4327-0030

Patricia Ximena Chavez-Burbano, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: pchavez@fiec.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5169-9833

Pedro Eduardo Nivel Morante, M.Sc.
 Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
 Ecuador
 email: eduquevedo2011@hotmail.com
 ORCID: 0009-0007-2588-6345

Pedro Fabricio Zanzzi Díaz, Ph.D.
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 email: pzanzzzi@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-1396-6854

Rebeca Helena Juez Oyola, M.Sc.
 Enfoque Group, Ecuador
 email: rjuez@enfoquegroup.com
 ORCID: 0000-0002-0087-9591

René Faruk Garzosi-Pincay, M.Sc.
 Universidad Estatal Península de Santa Elena,
 Ecuador
 email: renegarzosi@hotmail.com
 ORCID: 0000-0003-1779-9384

René Humberto López Coti, Ph. D.
 Universidad de San Carlos de Guatemala,
 Guatemala
 email: renelopez@profesor.usac.edu.gt
 ORCID: 0000-0001-7207-6598

Ricardo Naranjo Sanchez, M.Sc.
 Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
 email: rnaranjo@ups.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-9869-3551

Soveny Soraya Solís García, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
email: ssolis@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-9088-3748

Washington Asdrual Macías Rendón, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
email: wamacias@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0003-2742-5132

Wernher Tellez, M.Sc.
Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador
email: wetellezgo@uide.edu.ec
ORCID: 0000-0002-8447-4152

Gestión de Comunicación, Publicación y Técnica

Difusión y Comunicación Gerencia de Comunicación Social y Asuntos Públicos, ESPOL

José Arturo Maldonado Moncayo, Ing.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Community Manager

José Luis Castro Zambrano, M.Sc.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Traducciones en idioma extranjero English

Joyce Nan, BA.
Griffith University, Australia

Portada, Diseño y Diagramación

Rosa Angelica Cortaza Borja
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Kleber José Avelino Mosquera
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Informática

Contacto Soporte Técnico
Kleber José Avelino Mosquera
rte@espol.edu.ec
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Indexadores / Directorios / Identificadores



Sobre la revista

Misión: Promover y difundir investigación multidisciplinaria, científica y tecnológica de calidad, impulsando el avance del conocimiento y el desarrollo de la sociedad de manera significativa.

La **Revista Tecnológica ESPOL - RTE** es una publicación digital, a la que se puede acceder de forma abierta y gratuita desde su sitio web <https://rte.espol.edu.ec>. Se encuentra registrada en varios indexadores y directorios de bases de datos y cuenta con un proceso de evaluación continua de nuevas formas de indexación que permiten dar mayor visibilidad a los artículos publicados y a sus autores.

RTE presenta llamadas programadas para envío de artículos a través de la plataforma Open Journal System, garantizando como mínimo la publicación de dos volúmenes al año. Sin embargo, cada año se producen y se garantiza volúmenes adicionales sobre una temática específica (como un Monográfico o Dossier) o ediciones especiales relacionadas a un evento científico o tecnológico, que recogen artículos o ponencias revisadas y aceptadas por pares ciegos antes de su publicación.

En caso de artículos presentados por más de un autor, siguiendo los criterios de autoría bajo la taxonomía CRediT (<https://credit.niso.org/>), RTE expresa que la falta de declaración de las contribuciones individuales implica una participación equitativa de todos los autores.

About

Mission: To promote and disseminate high-quality multidisciplinary, scientific, and technological research, driving the advancement of knowledge and the development of society in a meaningful way.

The **Revista Tecnológica ESPOL - RTE** is a digital publication, which can be accessed freely and openly from its website <https://rte.espol.edu.ec>. It is registered in several indexers and database directories and has a continuous evaluation of new forms of indexing that give greater visibility to published articles and their authors.

RTE presents scheduled calls for article submission through the Open Journal System platform, guaranteeing the publication of at least two volumes per year. However, each year additional volumes are produced and guaranteed on a specific subject (such as a Monograph or Dossier) or special editions related to a scientific or technological event, which collects articles or papers reviewed and accepted by blind peers before publication.

For articles submitted by more than one author, following the authorship criteria under the CRediT taxonomy (<https://credit.niso.org/>), RTE expresses that no declaration of individual contributions implies equal participation of all authors.

Editorial

La **Revista Tecnológica Espol – RTE**, tiene el honor de poner a disposición de todos sus lectores el **Volumen 36 No 1, Avances en Investigación Científica Aplicada: De la Tecnología Digital a los Retos Energéticos y Sociales**. Esta edición se enfoca en la presentación de artículos que demuestran avances significativos en investigación científica aplicada, cubriendo una amplia gama de disciplinas dentro del campo de la Tecnología, las Ingenierías y las Ciencias Sociales. Los artículos contenidos en esta nueva publicación de la **RTE**, reúnen una variedad de estudios que se destacan por su innovación, relevancia y contribución al conocimiento en múltiples disciplinas como respuesta a los retos que supone la era en la que nos encontramos.

El volumen presenta cuatro secciones que se orientan según su afinidad y aplicación como sigue:

La primera sección incluye tres artículos relacionados a estudios sobre energía sostenible y comunicaciones, los cuales proponen prácticas más amigables con el medioambiente y eficientes en la producción y gestión de recursos energéticos y de telecomunicaciones.

La segunda sección resalta la aplicación de estudios en ciencias computacionales y el creciente interés en temas relacionados con la inteligencia artificial, presentando un artículo sobre los paradigmas de programación orientada a objetos y otro sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el análisis de contenido en la música urbana.

La tercera sección abarca temas de investigación aplicada a la Educación, por medio de dos artículos. El primero en el área de educación socioemocional y el segundo sobre el desarrollo de una herramienta web para estimulación en niños con TDAH.

La última sección contiene cuatro artículos sobre estudios relacionados a las Ciencias Empresariales, Sociales y Humanidades Digitales. El primero presenta un análisis del clima laboral en empresas, el segundo se enfoca en la aplicación de la gamificación en el marketing digital. El tercer artículo explora aspectos relacionados con la intersección entre género y habilidades digitales como un tema de actualidad, seguido finalmente por un cuarto artículo, no menos importante, exponiendo un estudio sobre la influencia del derecho informático en sistemas de información, desde una perspectiva jurídica y tecnológica.

En nombre del equipo editorial, agradecemos profundamente a todos los autores por su dedicación y excelencia académica en la elaboración de estos estudios y sus artículos que reflejan el trabajo realizado. También extendemos nuestro agradecimiento a los revisores por su rigurosa evaluación y aportes, fundamentales para mantener los estándares de calidad de nuestras publicaciones.

Nos complace recordarles que nuestra revista ha alcanzado en los últimos meses nuevas indexaciones en bases de datos de prestigio internacional como **DOAJ** y **AmelICA**. Esto fortalece nuestro compromiso con la calidad editorial, accesibilidad y visibilidad internacional de la investigación científica de alto impacto.

En resumen, con este número celebramos una vez más el progreso científico actual, así como también nuestro continuo compromiso con la promoción de conocimientos que tienen el potencial de impactar positivamente en la sociedad dentro de un marco de cooperación académica.

Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.
Directora General Editorial
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

Katherine Salvador Cisneros, PhD.
Directora Ejecutiva Editorial
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

Editorial

The **Technological Journal Espol – RTE**, is honored to present **Volume 36 No. 1, Advances in Applied Scientific Research: From Digital Technology to Energy and Societal Challenges**. This issue focuses on articles that demonstrate significant advances in applied scientific research, covering a wide range of disciplines within the fields of Technology, Engineering and Social Sciences. The articles in this new **RTE** publication bring together a variety of studies that stand out for their innovation, relevance and contribution to knowledge in multiple disciplines in response to the challenges posed by this current era.

This volume includes four sections that are oriented according to their affinity and application, as follows:

The first section has three articles related to studies on sustainable energy and communications, which propose more environmentally friendly and efficient practices in producing and managing energy and telecommunications resources.

The second section highlights the application of studies in computer science and the growing interest in topics related to artificial intelligence, presenting an article on object-oriented programming paradigms and another on the application of artificial intelligence in content analysis of urban music

The third section covers research topics related to Education through two articles. The first is in socioemotional education, and the second describes the design of a web tool for stimulation in children with ADHD.

The last section contains four articles on studies related to Business, Social Sciences and Digital Humanities. The first presents an analysis of the work climate in companies, and the second focuses on applied gamification in digital marketing. The third article explores aspects related to the intersection between gender and digital skills as a current issue, followed by a fourth article that exposes a study on the influence of computer law in information systems from a legal and technological perspective.

On behalf of the editorial team, we are deeply grateful to all the authors for their dedication and academic excellence in these studies and their articles reflecting the work done. We also extend our gratitude to the reviewers for their rigorous evaluation and contributions, which are fundamental to maintaining the quality standards of our publications.

We are pleased to remind our readers that our journal has recently achieved new indexing in internationally prestigious databases such as **DOAJ** and **AmeliCA**. This achievement strengthens our commitment to editorial quality, accessibility and international visibility of high-impact scientific research.

In summary, with this issue, we once again celebrate current scientific progress, as well as our continued commitment to the promotion of knowledge that has the potential to impact society within a framework of academic cooperation.

Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.
Editor in Chief
Technological Journal ESPOL – RTE

Katherine Salvador Cisneros, PhD.
Executive Editorial Director
Technological Journal ESPOL – RTE

Índice

Energía sostenible y comunicaciones / Sustainable energy and communications

- 13 *Comparative study of dynamic response by three types of energy storage systems for grid studies: A Microgrid Laboratory experimental-based study / Estudio comparativo de la respuesta dinámica de tres tipos de sistemas de almacenamiento de energía para estudios de red: Experimentos reales en un laboratorio de Micro-Red*
- 32 *Resolución del problema de optimización bi-objetivo para el despacho de plantas hidroeléctricas en condiciones de bajo caudal de entrada utilizando el algoritmo NSGA II / Resolution of the bi-objective optimization problem for the dispatch of hydroelectric plants under conditions of low inflow using the NSGA II algorithm*
- 44 *Evaluación de Interferencias en Escenarios Urbanos Interiores en Bandas Inferiores a 6 GHz / Interference Assessment in Indoor Urban Scenario in sub-6GHz bands*

Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial / Computer Science & Artificial Intelligence

- 58 *Estudio comparativo de los paradigmas de programación orientada a objetos y programación reactiva en la resolución de Integrales Algebraicas / Comparative study of object-oriented programming and reactive programming paradigms in solving Algebraic Integrals*
- 68 *Sistema de Aprendizaje Automático para la Detección y Análisis de Contenido Sexista en la Música Urbana / A Machine Learning System for Detection and Analysis of Sexist Content in Urban Music*

Educación / Education

- 82 *Educación Socioemocional como Herramienta del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en los Estudiantes de 1ro de Bachillerato / Socio-emotional Education as a Tool in the Teaching-Learning Process for First-Year High School Students*
- 98 *Prototipo de herramienta web para la intervención y estimulación psicopedagógica de niños con TDAH / Prototype of a web tool for psycho-pedagogical intervention and stimulation of children with ADHD*

Ciencias Empresariales, Sociales y Humanidades Digitales / Business, Social Sciences and Digital Humanities

- 124 *Impacto del clima laboral en la productividad de los trabajadores en empresas de Lima / The Impact of Work Environment on Worker Productivity in Companies in Lima*
- 135 *Gamificación como herramienta de marketing digital / Gamification as a digital marketing tool*
- 151 *Diferencias en las habilidades digitales entre hombres y mujeres: Caso de Estudio en Calceta – Manabí / Differences in Digital Skills Between Men and Women: Case Study in Calceta – Manabí*
- 162 *El derecho informático y la influencia en los sistemas de información: un análisis bibliográfico bajo la perspectiva jurídica y tecnológica en Ecuador / Computer Law and its Influence on Information Systems: A Bibliographic Analysis from Legal and Technological Perspective in Ecuador*

**Energía
sostenible y
comunicaciones
/ Sustainable
energy and
communications**



RTE

Comparative study of dynamic response by three types of energy storage systems for grid studies: A Microgrid Laboratory experimental-based study

Estudio comparativo de la respuesta dinámica de tres tipos de sistemas de almacenamiento de energía para estudios de red: Experimentos reales en un laboratorio de Micro-Red

Danny Ochoa-Correa¹ <https://orcid.org/0000-0001-5633-1480>,

Edisson Villa-Ávila¹ <https://orcid.org/0000-0002-2766-5913>, Vinicio Iñiguez-Morán¹
<https://orcid.org/0000-0001-7494-191X>, Patricio Astudillo-Salinas¹ <https://orcid.org/0009-0000-3485-3472>

¹Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador

danny.ochoac@ucuenca.edu.ec, edisson.villa2809@ucuenca.edu.ec,
vinicio.iniguez@ucuenca.edu.ec,
patricio.astudillo@ucuenca.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Sent: 2024/01/12
Accepted: 2024/06/06
Published: 2024/06/30

Abstract

Implementing Energy Storage Systems (ESS) is increasingly significant in power electrical systems. This is attributed to their ability to store surplus electricity generated by renewable energy sources such as wind and solar, contributing to the balance between generation and demand. Literature studies indicate that this practice enhances network stability and diminishes the need for expensive redesigns in infrastructure. This paper presents an exhaustive experimentation-based study of the dynamic response provided by three energy storage system technologies: supercapacitors, Lithium-Ion batteries, and Vanadium redox flow batteries, technologies with significant academic, research, and industrial interests nowadays. The objective of this research is the experimental evaluation of the performance of such technologies in real electrical system operations, focusing on determining the efficiency of charge and discharge, as well as the tracking of active and reactive power achieved through the associated grid interface. The experimental tests performed in a microgrid laboratory show these technologies' advantages and limitations in different grid-integration applications, with the Lithium-Ion battery-based ESS demonstrating the highest efficiency and faster power response. The results achieved and reported in the article can serve as an essential input for

Summary: Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion and Conclusions.

How to cite: Ochoa-Correa, D., Villa-Ávila, E., Iñiguez-Morán, V. & Astudillo-Salinas, P. (2024). Comparative study of dynamic response by three types of energy storage systems for grid studies: A Microgrid Laboratory experimental-based study. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 13-31.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1117>

researchers and technology developers to feed their models with more precise parameters and data that might provide results closer to the actual behaviour of the studied prototypes. The methodological framework used in this research is descriptive, experimental, and quantitative.

Keywords: EESs, Lithium-Ion batteries, Vanadium-redox flow batteries, Supercapacitors, Microgrids.

Resumen

La implementación de sistemas de almacenamiento de energía (SAE) está adquiriendo una creciente relevancia en los sistemas eléctricos de potencia. Esto se debe a su capacidad para almacenar el excedente de electricidad generado por fuentes de energía renovable, como la eólica y la solar, y contribuir al equilibrio entre la generación y la demanda. Estudios documentados en la literatura muestran que esta práctica mejora la estabilidad de la red y reduce la necesidad de realizar costosos rediseños en la infraestructura. En este artículo, se presenta un estudio exhaustivo basado en la experimentación de la respuesta dinámica proporcionada por tres tecnologías de SAE: supercapacitores, baterías de iones de litio y baterías de flujo de Vanadio redox; tecnologías de gran importancia en la academia, investigación e industria en la actualidad. El objeto de esta investigación es la evaluación experimental del desempeño de tales tecnologías en operaciones reales de un sistema eléctrico, centrándose en la determinación de eficiencia de carga y descarga, así como en el seguimiento de potencia activa y reactiva conseguido por la interfaz de conexión a la red asociada. Los resultados de los experimentos realizados en un laboratorio de microrred muestran las ventajas y limitaciones de estas tecnologías en diferentes aplicaciones, demostrando ser la más eficiente y rápida en respuesta de potencia el SAE basado en baterías de iones de litio. Los resultados alcanzados y reportados en el artículo sirven como insumo esencial para que los investigadores y desarrolladores de tecnología alimenten sus modelos con parámetros y datos más precisos que brinden resultados más cercanos al comportamiento real de los prototipos estudiados. La metodología utilizada en esta investigación es descriptiva, experimental y cuantitativa.

Palabras clave: SAEs, baterías de iones de litio, baterías de flujo de Vanadio redox, supercapacitores, microrredes.

Introduction

Overview

The production of electricity from renewable sources such as solar and wind energy is highly dependent on weather conditions. Solar energy is available only from dawn to dusk, and cloudy conditions can cause variations in energy production during this time. Likewise, in the case of wind energy, wind speed is highly variable in both on-shore and off-shore wind farms, resulting in varying levels of energy production. This variability is a problem for electrical power systems since energy must be supplied to consumers (residential, commercial, and primarily industrial) in compliance with rigorous quality standards concerning voltage level and frequency.

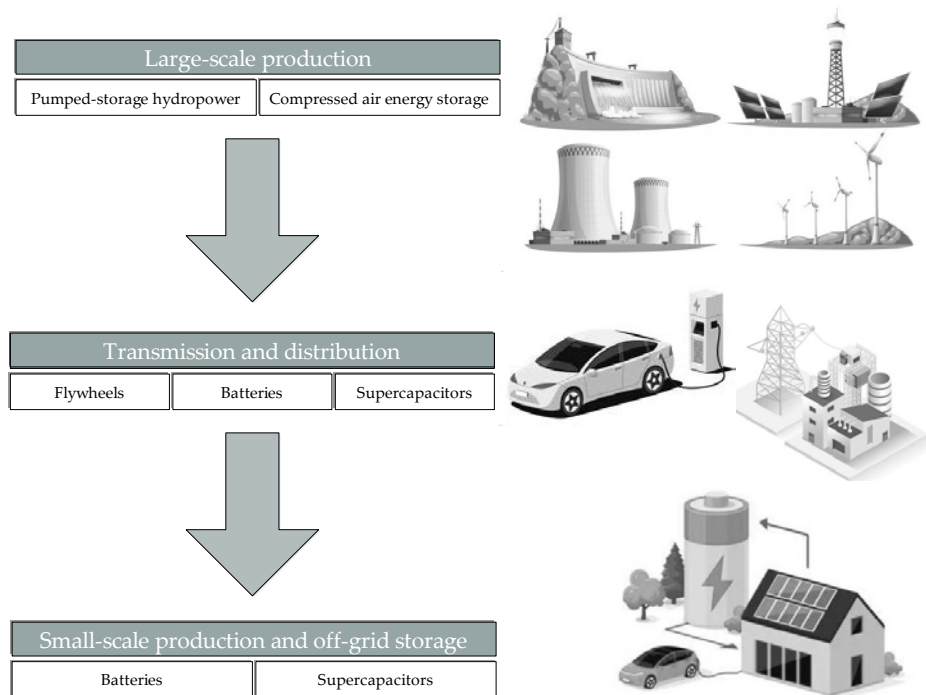
In this context, there is a clear need to mitigate the variability intrinsic to intermittent renewable energy sources (IRE) and improve the reliability of the electricity supply in terms of its continuity. One of the ways currently used to fulfil these purposes is to employ energy storage systems (ESS) interconnected to the electric-electronic equipment of the generation plants that take advantage of IRE and at specific strategic points of the electric grid (Ochoa & Martinez, 2021); (Silva, 2018).

According to (Shukla et al., 2000), two fundamental ways to store electrical energy exist. The first is indirect, involving batteries, where the storage (charge) is in the form of chemical energy and is recovered (discharged) through a redox process of the electroactive reagents of the device. The second is direct since the energy is stored in electrostatic form as positive and negative charges on the plates of a capacitor with very high capacitance (hundreds or thousands of Farads), known as a supercapacitor or ultracapacitor.

Figure 1 shows the uses of batteries, supercapacitors, and other energy storage mechanisms employed at different scales within electrical systems (Aneke & Wang, 2016).

Figure 1

Usage of energy storage systems at different scales in electrical systems. Source: own elaboration based on [4]



State-of-the-art review

There is an important academic, research, and industrial interest in energy storage, given its performance and technological maturity, which is why it is possible to find many scientific contributions that have led to countless applications in the literature. In (Hassan et al., 2022), an evaluation study of using supercapacitors as a fast response energy storage unit to improve energy self-consumption and self-sufficiency to compensate for intermittent photovoltaic generation is presented. The results show that this combined use improves specific parameters related to power quality and leads to an appreciable increase in the total monthly energy supplied by the installation.

In this line, research reported in (Şahin et al., 2022) and (Gao et al., 2023) shows that the performance of supercapacitors can be considerably improved when hybridized with other battery-based storage technologies. Apart from providing a better energy cushion, the hybrid solution is an interesting alternative from a techno-economic point of view due to its increased lifetime (Subasinghage et al., 2022); (Dikmen & Karadağ, 2022).

In addition, these works explore the opportunities provided by the concept of “second life” of electrochemical systems decommissioned in their original applications (e.g., discarded

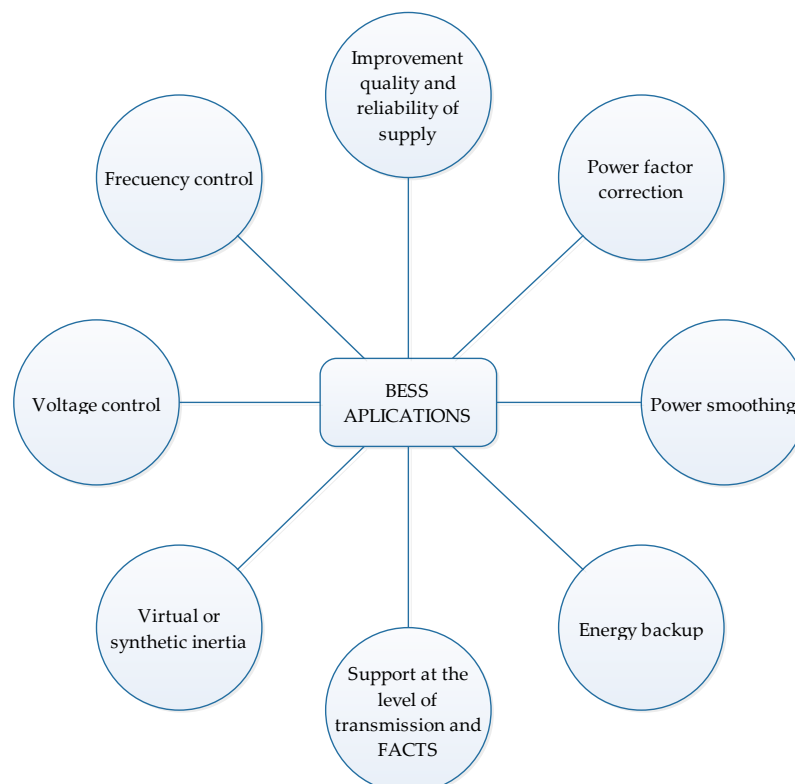
batteries of electric vehicles) with the consequent reduction of the carbon footprint (Mostert et al., 2018). Today, the predominant applications of storage based on lithium-ion batteries are in the electromobility sector and grid energy support (Şahin et al., 2022). The latter is the subject of interest for this research, providing support for the grid in contingency and loss of supply risk situations (Lee et al., 2022) and the contribution to the proper integration of intermittent renewable generators to the grid, thanks to the fast response in power terms and the high storage capacity offered by lithium-ion batteries.

This property facilitates the absorption of fluctuations of wind and photovoltaic generators in weak and isolated power systems, improving the reliability and quality of the power supply (Mancuso et al., 2019). A third storage technology that has attracted current scientific attention is the storage system based on Vanadium Redox Flow Batteries (VRFB). Its high storage capacity and long (theoretically infinite) electrochemical life cycle (Arribas et al., 2016) make this technology very attractive for reliable energy supply applications in isolated microgrids (Suvire et al., 2017) and for backup power supply of critical loads in industries and hospitals (Do Nascimento Ricardo & Fthenakis, 2017); (Li et al., 2017).

Apart from the applications mentioned here, energy storage systems provide a more comprehensive range of implementation opportunities in electrical power systems to provide support in fundamental activities such as frequency and voltage control in a power grid (Zecchino et al., 2021); (Ochoa et al., 2022), power factor correction (Niwas & Singh, 2016), power smoothing (Benavides et al., 2023), improving the resilience of the power system through the concept of virtual or synthetic inertia (Pazmiño et al., 2021), (Pazmiño et al., 2022), flexible alternating current transmission systems or FACTS (Kljajić et al., 2020), among many others. Figure 2 schematizes the main applications of battery energy storage systems (BESS) found in this literature review.

Figure 2

Applications of battery energy storage systems in power systems



Aim of the study

This research aims to experimentally evaluate the performance of ESS technologies in actual power systems operations, explicitly focusing on determining the efficiency of charge and discharge processes and analysing the active and reactive power set-point tracking dynamics achieved through the associated network interface. The study involves an exhaustive examination, based on experimentation, of the dynamic response provided by three energy storage systems (ESS) working on a power system: ESS based on supercapacitors, ESS based on lithium-ion batteries, and ESS based on Vanadium Redox Flow Batteries, three technologies of great current interest in the academic, research and industrial fields. The laboratory tests are designed to yield characteristic curves and times of the charge and discharge processes of the different technologies, as well as active and reactive power set-point-tracking dynamics.

Materials and Methods

First of all, this section describes the materials used for conducting the proposed validations. Subsequently, the developed methodology and the design of the experiments, which will lead to the achievement of the research objectives, are outlined.

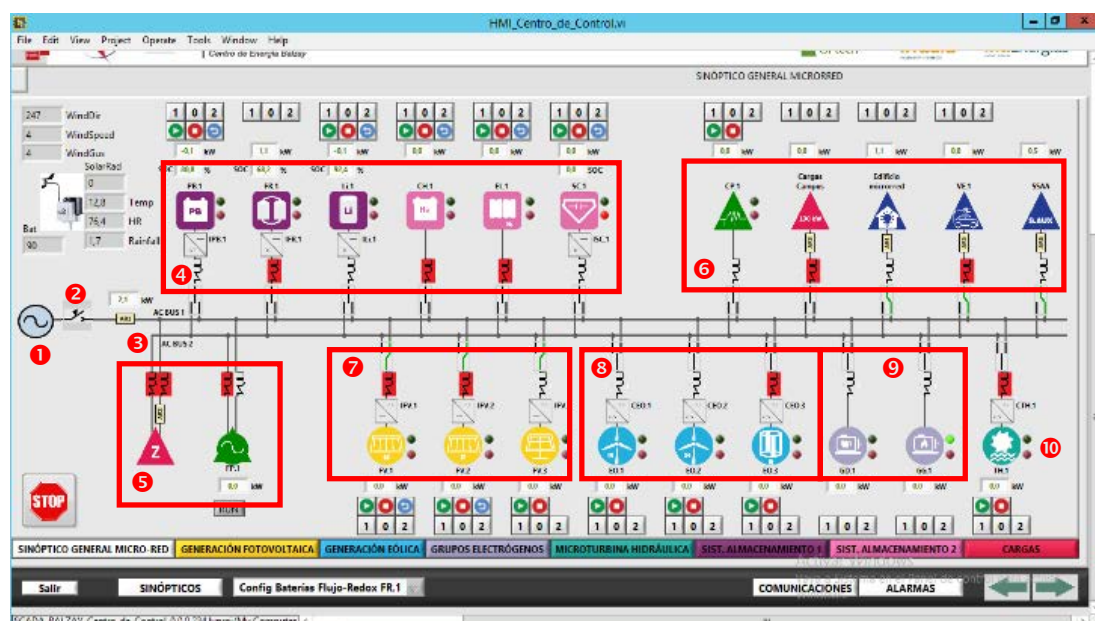
Materials: Energy storage systems under study

Microgrid Laboratory of the CCTI-B

The experimental work is conducted in the Microgrid Laboratory of the Centro Científico Tecnológico y de Investigación Balzay (CCTI-B) of the Universidad de Cuenca. This laboratory has a variety of energy generation, consumption, and storage agents and can work connected to the main distribution network or in island mode. Figure 3 shows a schematic representation of the main components of the laboratory.

Figure 3

Schematic representation of components of the Microgrid Laboratory: 1. Main grid, 2. Grid connection bus bar (B-01), 3. Energy storage components, 5. Programmable loads and sources, 6. Other loads, 7. Solar photovoltaic generation, 8. Wind generation, 9. Thermal generation, 10. Hydraulic generation



Within the scope of the present study, the Microgrid Laboratory of Universidad de Cuenca has the following energy storage systems, which constitute the materials used in the current research (Espinoza et al., 2017):

- ESS based on supercapacitors (Supercapacitors- ESS)
- ESS based on lithium-ion batteries (Li-Ion BESS)
- ESS based on Vanadium Redox Flow Battery (Vanadium Redox Flow - BESS)

Supercapacitors–ESS

Supercapacitors (SCs) are storage devices capable of holding more energy (charge) than a conventional capacitor and releasing energy (discharge) much faster than a battery (Castro-Gutiérrez et al., 2020). Additionally, their high number of charge/discharge cycles and long-term stability position SCs as an attractive option for implementing ESSs. Compared to batteries, their main disadvantage is their low specific energy or gravimetric energy density (watt-hours per unit mass - Wh/kg). SCs are classified into three categories (Libich et al., 2018): Electric double-layer capacitors (EDLC) with liquid electrolyte make up the first. They store energy by electrostatic interaction in the Helmholtz electric double layer at the phase interface between the electrode surfaces and the electrolyte (known as the electrostatic storage principle), which gives them a high-power density (very high discharge current). They have high durability and a lifetime (cyclability) of millions of charge/discharge cycles. They are also the most common and widely marketed.

The second category is pseudo-SCs or faradaic SCs, which do not store energy in the double dielectric layer. They are like batteries since redox reactions and energy transfer between electrodes and the electrolyte occur during the charging and discharging. This feature provides approximately twice as much higher specific energy than EDLCs (Libich et al., 2018). However, the electrodes degrade faster, causing an increase in the SC's internal resistance and lower stability and cyclability. Their use and commercialization are limited.

Finally, hybrid SCs are in the third category. These combine the properties of EDLCs and pseudo-supercapacitors through a faradaic reaction at one electrode and an electrostatic interaction at the other. It is the most modern and advanced technology, providing higher specific energy (approximately 36 times more than EDLCs and 18 times more than pseudo-SCs, according to (Libich et al., 2018) and higher power density. In a study of trends in hybrid (SC-Battery) energy storage devices (Benoy et al., 2022), the authors state that hybrid SC applications are increasing significantly in the industrial sector of energetically hybrid vehicles.

Among the most critical applications of SCs are: load-levelling function; hybridization with rechargeable batteries in drive systems and regenerative braking systems for partial recharging in electric vehicles; short-term power backup (for safe shutdown of systems or switching to permanent backup systems); control of transients or power fluctuations (power smoothing), among others.

In the Microgrid Laboratory, a supercapacitor bank comprises ten electric double-layer capacitors (EDLC) connected in series of 130 F and 56 V_{DC} each, BOOSTCAP model BMOD0130, from the USA manufacturer Maxwell Technologies. The bank's terminal voltage is 560 V_{DC}, and its total energy storage capacity is 0.57 kWh. The power converter connected to this equipment is 30 kW rated (Figure 4).

Figure 4

Supercapacitors-ESS of the Microgrid Laboratory: supercapacitor bank (left), a cabinet containing the power electronic converter (right)



Li-Ion BESS

Lithium-ion (Li-ion) battery cells consist of a cathode, anode, electrolyte, and separator (a safety component that prevents a short circuit between the anode and cathode, which is permeable to lithium ions). They use non-metallic lithium in the cathode, i.e., chemical compounds called lithium metal oxides capable of providing lithium ions (Li^+), hence their commercial name and their varieties. The ions are transported through the electrolyte between two electrodes in a reversible chemical reaction from the cathode to the anode during charge and discharge (Zubi et al., 2018). They are characterized by having an “unmatched combination of high energy density and high power density” (Nitta et al., 2015).

There are six commercially available lithium-ion batteries (Beltran et al., 2020), with significantly different technical characteristics depending on the lithium metal oxide they employ. These are lithium cobalt oxide (LCO), lithium manganese oxide (LMO), lithium iron phosphate (LFP), lithium nickel cobalt aluminium oxide (NCA), lithium nickel manganese cobalt oxide (NMC), and lithium titanate (LTO).

According to (Zubi et al., 2018), LCO lithium-ion batteries have high specific energy (up to 190 Wh/kg), long life (up to 1000 cycles), and their main disadvantage is their low level of safety due to the thermal instability of cobalt oxide. Their applicability is in mobile electronic devices. Lithium-Ion LMO has a relatively high-power density, higher durability (up to 1500 cycles), lower specific energy (up to 140 Wh/kg), and the higher thermal stability of manganese oxide makes them safer. Their applications are in e-bikes, medical devices, and power tools. Lithium-Ion LFP has higher durability (2000 cycles), is safe, relies on environmentally friendly materials, and tolerates operation over a wide range of state of charge (SoC) 15-100% with consistent performance. However, it has low specific energy (up to 140 Wh/kg). It has the potential for application in electric power systems (EPS) and has been successful in e-bikes. Lithium-ion NCAs stand out for their high specific energy (250 Wh/kg) and high-power density. They have high durability (up to 1500 cycles). They are used in electric vehicles (EVs), particularly in Tesla models. Lithium-Ion NMC has lower specific energy (up to 200 Wh/kg) and higher durability (up to 2000 cycles); the proportions of their chemical components can be modified according to the application to provide tailor-made solutions. They are the dominant technology in EVs and plug-in hybrid electric vehicles

(PHEV). Finally, Lithium-ion LTOs are characterized by using nanotechnology to integrate lithium titanate nanocrystals on the anode surface (Campoverde-Pillco et al., 2024). They have very high-power density, which allows them to deliver a discharge current that is ten times higher (approx.) than that provided by other lithium-ion technologies. They have high durability (20,000 cycles) and safely support fast charges (in the order of minutes). Regarding its applications, it has great potential for energy storage in EPSs integrating IRE.

Electrical energy storage in lithium-ion batteries currently has three main applications (Zubi et al., 2018). The first one is in mobile electronic devices (cell phones, tablets, and laptops, among others), where it is the dominant technology. The second is in electric vehicles (EVs, e-bikes, and e-scooters, among others) as the primary energy source. Finally, they can contribute to integrating intermittent renewable energies into the system in EPSs. In this last application, the batteries store surplus energy to be injected into the grid when the natural resource is unavailable (sunlight or wind) or is technically and economically convenient.

The rechargeable lithium-ion battery bank of the Microgrid Laboratory shown in Figure 5 consists of 11 cells of 58.36 V_{DC}, connected in series, model ELPT392- 0002, Samsung brand. The bank's output voltage is 642 V_{DC}, with a power of 88 kW and an energy storage capacity of 44 kWh. The bank is connected to an 80-kW power converter.

Figure 5

Li-Ion BESS from the Microgrid Laboratory: cell bank (left), a cabinet containing the power electronic converter (right)



Vanadium Redox Flow – BESS

A redox flow battery (RFB) consists of two reservoirs, one with charged electrolyte and the other with discharged electrolyte, an electrochemical energy conversion system (stacks connected in series or parallel), a hydraulic pumping system to make the electrolyte flow through the conversion system, and the electrical system for interconnection with the load and the electrical power source (Skylas-Kazacos et al., 2011). The current state-of-the-art identifies two types of RFBs: 1) standard or pure flow and 2) hybrid. Figure 6 shows the Vanadium Redox Flow Battery bank of the Microgrid Laboratory.

Figure 6

Vanadium Redox Flow - BESS of the Microgrid laboratory: Container housing the vanadium cells (left), double cluster of power electronic converters (right)



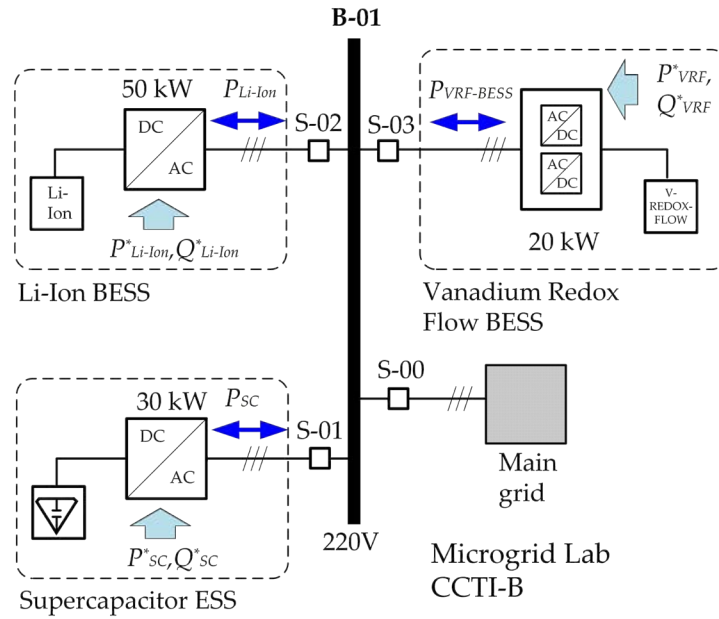
Standard or pure flow batteries, among which the vanadium redox flow battery (VRFB) stands out, provide the independence or decoupling between storage capacity and power as one of the leading technical characteristics (Lourenssen et al., 2019). Their capacity depends on the amount of electrolyte stored in the system, the concentration of active components, the voltage of the electrochemical cells, and the number of stacks. In contrast, the power depends on the active components' behaviour and the electrodes' size. This decoupling provides advantages such as modular and flexible design, excellent scalability, moderate maintenance costs, and extended durability. Its energy density is 25-35 Wh/L, which is still very low compared to lithium-ion batteries (250 Wh/L or more). Its cyclability is far superior to other types of batteries, with a range of 15000-20000 complete cycles (Sánchez-Díez et al., 2021). According to market statistics, VRFB is currently the most commercially successful (Transparency Market Research, 2023).

On the other hand, hybrid RFB saves at least one solid electroactive material, such as the zinc-bromine redox flow batteries (ZBFB), the second most important technology on the market (Transparency Market Research, 2023). Their decoupling between power and energy storage capacity is limited due to the presence of the solid electrode. Commercially available models have a specific energy range of 60-85 Wh/kg, with an estimated lifetime of 11-14 years (Suvire et al., 2017). Their main application is large-scale energy storage in EPSs for IREintegration, where they are intended to meet the requirements of a long lifetime (cyclability and calendar years), low cost, and high round-trip efficiency.

The Microgrid Laboratory has a VRFB model CELLCUBE FB 20-100 from the Austrian manufacturer GILDEMEISTER Energy Solutions, with an output power of 20 kW and an energy storage capacity of 100 kWh in 12 electrochemical stacks. The battery is equipped with two clusters of power converters (3 converters per cluster, one master, and two slaves) to connect to any of the two three-phase bus bars available in the Microgrid Laboratory.

Methodology: Design of the laboratory test bench

Figure 7 shows the schematic representation of the test bench set up in the laboratory. All the energy storage agents under study will be connected to the main bus bar of the microgrid (B-01), which is connected, in turn, to the main distribution network.

Figure 7*One-line diagram of the test bench*

The ESSs will all be subjected to the same operating conditions to facilitate a comparative analysis between the different storage technologies. Due to the significant amount of energy handled in such tests, both the charge/discharge tests and the dynamic tests of active and reactive power set point tracking will operate one technology at a time. The following is a description of the test plan to be carried out in this study, which constitutes the methodological basis of this research:

Charge and discharge tests. Each technology will be subjected to charge and discharge tests under constant active power conditions. This first experiment aims to determine the storage capacity and energy backup time provided by each system studied. With this information, the round-trip efficiency will be calculated, a parameter of great importance in ESSs since it quantifies the electrical energy that can be extracted from an ESS compared to the amount of electrical energy spent in its charging process. In addition, to respect the maximum and minimum operating limits of all ESS components, it was ensured that the charging and discharging tests were performed with an SoC between 20 and 80 %.

Active and Reactive Power tracking tests. To evaluate the short-term response in terms of active and reactive power provided by the different ESS technologies under study, these will be forced to follow the same power time profile in charge and discharge situations. The control of the set point signals applied to the power electronic converters (PEC) associated with each ESS will be performed from the laboratory's Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system. This test will gauge the efficiency of each ESS technology in tracking the imposed power set points in terms of its response time, power tracking error in dynamic and steady-state, and the effect of the power tracking on the SoC.

Results and Discussion

Charge and discharge tests

This section presents the results obtained in the laboratory during the charge and discharge tests of the different ESS technologies considered. To have comparable cases in the

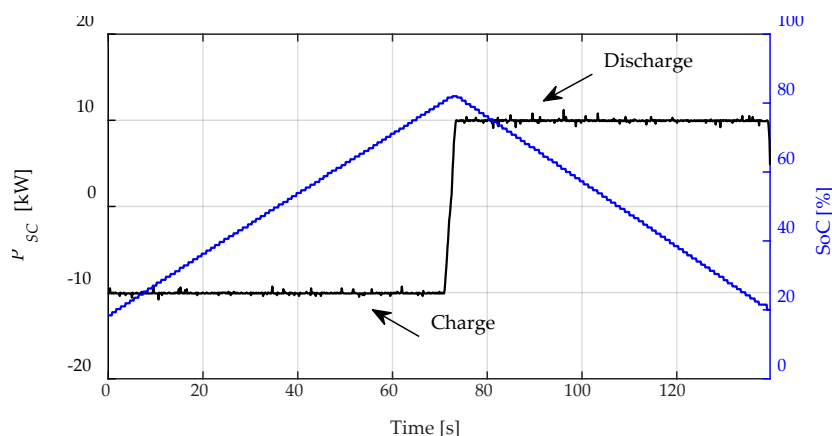
three experiments, each ESS is subjected to a constant power condition of 10 kW so that the corresponding SoC varies from 20 to 80% (charging stage) and then from 80 to 20% (discharging stage) in a sustained manner. In Figures 8, 9, and 10, black curves represent the active power at which the ESS is charged/discharged (in kW), and the blue curve represents the evolution of its state of charge (in %).

Tests applied to Supercapacitors-ESS

Figure 8 shows the complete charging and discharging process of the Supercapacitor-ESS. In this test, the correct operation of the power electronic converters associated with this technology to track the pre-set active power is evident: ± 10 kW constant. In its charging stage, the SoC of the Supercapacitor-ESS goes from 20 to 80%, in a sustained manner, in 72.6 seconds. This process is associated with an expenditure of 0.202 kWh of electrical energy from the grid. Once this ESS reaches 80% of the load, the power setpoint applied to the inverter is reversed to start the discharging stage, as shown in the figure. The tests show that going from a state of charge of 80% to 20% with a power of 10 kW takes 67.1 seconds, delivering 0.189 kWh of electrical energy. The findings reveal that, in this type of ESS, to extract 0.189 kWh of electrical energy, it is necessary to use 0.202 kWh during battery charging. The ratio between the first and second quantities is called round-trip efficiency (RTE), which in the case of the Supercapacitor-ESS is 92.4%, an expected value in terms of efficiency for this technology. An intriguing observation from the results is that the dynamics presented by the SoC in the charging and discharging process have a linear nature.

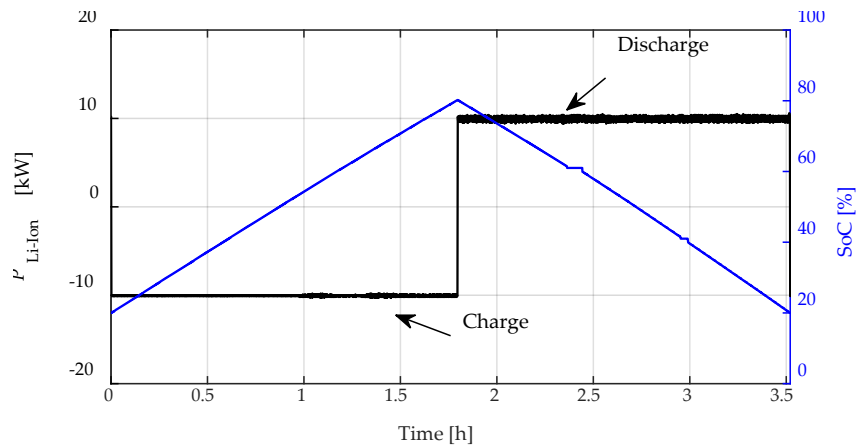
Figure 8

Charge and discharge test performed on the Supercapacitor-ESS



Tests applied to Li-Ion BESS

The complete charging and discharging process of the Lithium-Ion BESS is shown in Figure 9. It is observed that, in its charging stage, the SoC goes from 20 to 80% in 107.8 minutes, requiring 17.96 kWh of electrical energy. Likewise, in the previous case, it is observed that once this ESS reached 80% of the load, the power setpoint is reversed to start with the discharge process to 20% of SoC at a constant power of 10 kW. The discharge, on the other hand, lasts 105.2 minutes and delivers 17.54 kWh of electrical energy. In this case, the RTE efficiency is 97.7%, meaning the electrical energy extracted from this ESS technology penalizes only 3% of the energy needed to charge the battery. Note that the dynamics adopted by the SoC of this ESS in its charging and discharging process have a linear characteristic.

Figure 9*Charge and discharge test applied to Lithium- Ion BESS***Tests applied to Vanadium Redox Flow – BESS**

The Vanadium Redox Flow-BESS presents a charge and discharge cycle, as shown in Figure 10. Its charging process (SoC from 20 to 80%) takes about 13.5 hours, and the temporal evolution of the SoC presents a non-linear dynamic. As expected, sustaining a charging power of 10 kW for a long time involves an investment of 135.3 kWh of electrical energy. This characteristic makes this technology the one with the highest storage capacity of the three studied here. The results reveal that this battery can sustain a power supply of 10 kW for at least 7.8 hours, representing an energy extraction of 77.8 kWh. It is evident here that, although this battery provides a reasonably large energy cushion compared to the previous two, its RTE efficiency is the lowest: 57.5%.

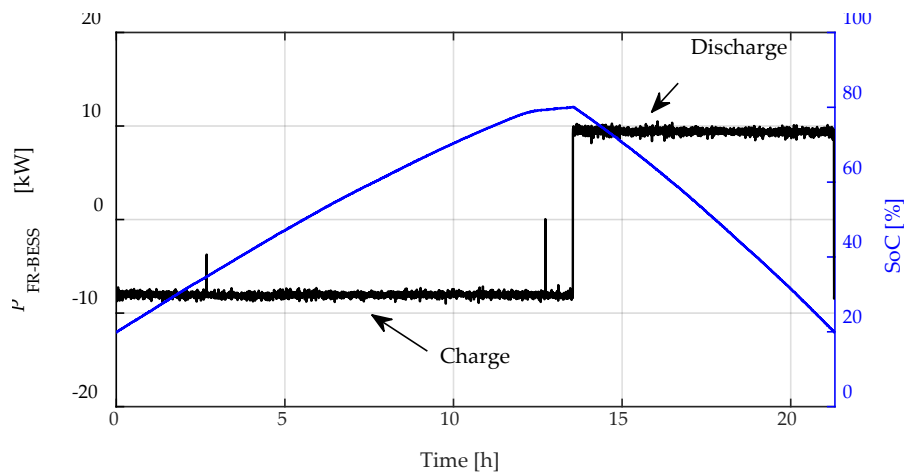
Figure 10*Charge and discharge tests applied to Vanadium Redox Flow-BESS*

Figure 11 shows the results obtained in this first part of the tests, including the round-trip efficiency calculations for the three ESS technologies studied.

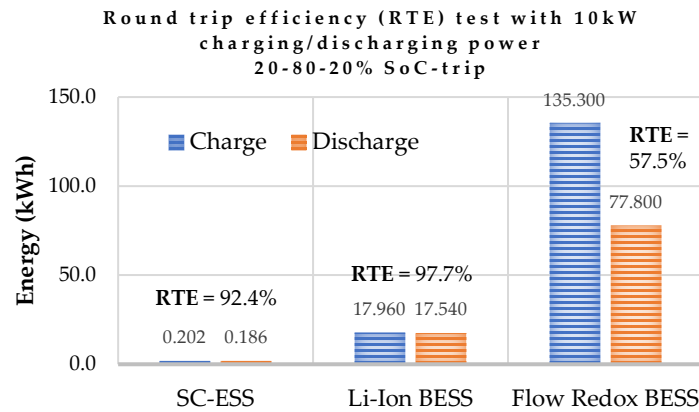
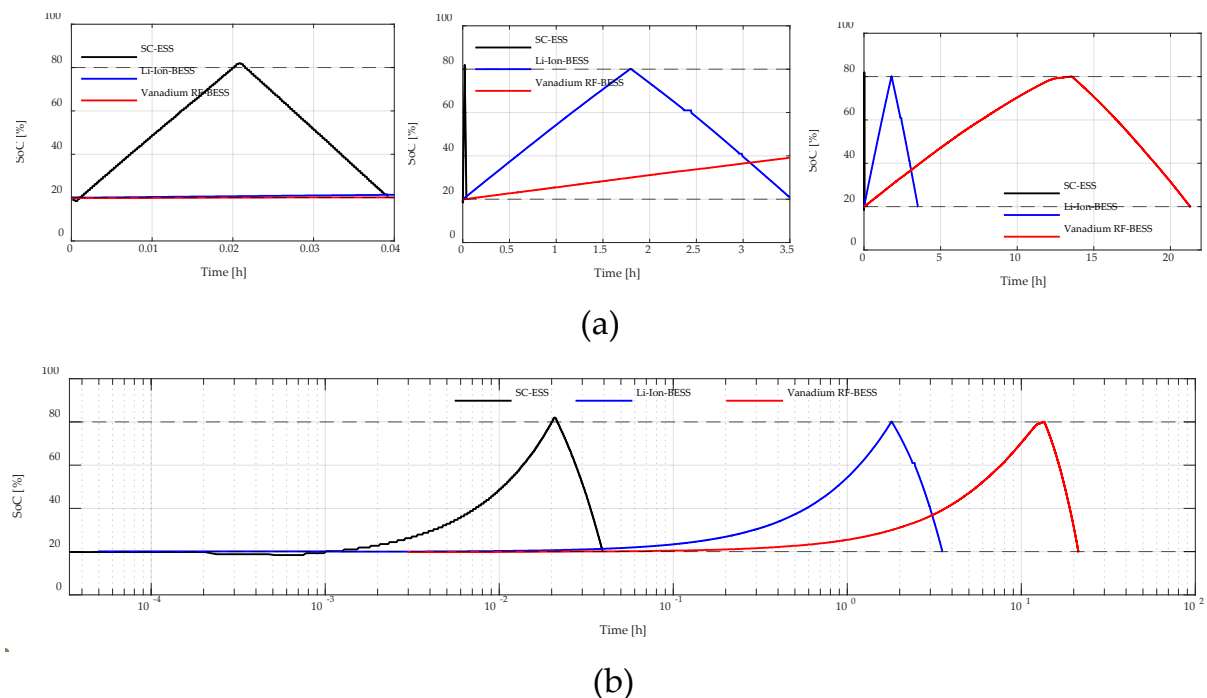
Figure 11*Round-trip efficiency of the three ESS technologies studied*

Figure 12 (a) shows the charge and discharge cycles of the ESSs studied over the same time scale. In this, the short-term response of the Supercapacitor-ESS compared to that of the Li-Ion BESS is evidenced, and how, in turn, the time response of the latter is short if compared to the Vanadium Redox Flow-BESS. Complementarily, a superposition of the three charging and discharging characteristics of the ESSs on a logarithmic time scale is given in Figure 12 (b).

Figure 12*Comparison of charge and discharge characteristics of ESSs under constant 10 kW*

Finally, for completeness, the tests described above have been repeated to obtain the charging and discharging characteristics of the ESSs but for different power values. Table 1 shows the results obtained in the experimental tests. In each case, the round-trip efficiency becomes a characteristic value of each ESS technology and varies very little for each charging

and discharging power level. Thus, the round-trip efficiency of Supercapacitor-ESS is 92%, the Li-Ion BESS is between 95-97%, and the Vanadium Redox Flow-BESS is 57%.

Table 1

Charge and discharge tests applied to the ESS studied: 20-80-20% SoC-trip

Power [kW]	SC-ESS			Li-Ion BESS			FR-BESS		
	Time [s]		RTE [%]	Time [min]		RTE [%]	Time [h]		RTE [%]
	Charge	Discharge		Charge	Discharge		Charge	Discharge	
5.0	116.50	107.80	92.53	245.60	240.00	97.72	-	-	-
10.0	72.60	67.10	92.42	107.76	105.24	97.66	13.53	7.78	57.50
15.0	30.50	28.00	91.80	70.00	66.67	95.24	-	-	-
20.0	23.00	21.00	91.30	42.03	40.00	95.16	-	-	-

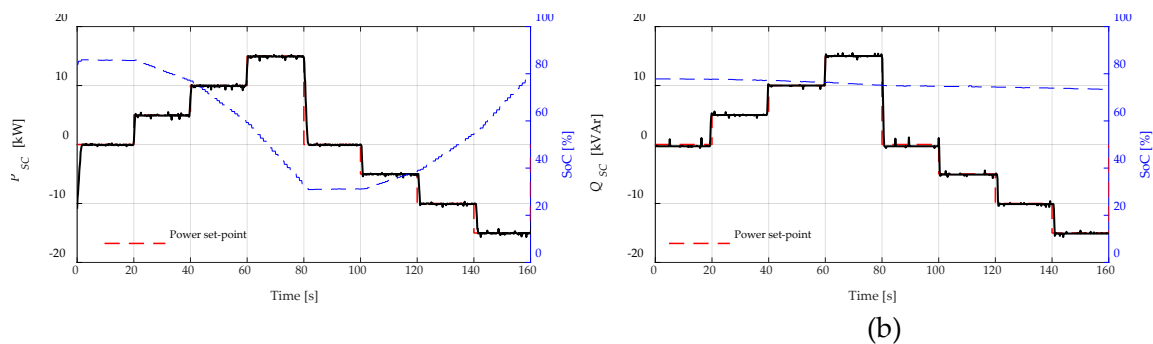
Active and Reactive Power setpoint tracking tests

Next, the studied ESSs are subjected to variable active and reactive power conditions to evaluate their short-term dynamic response. For this purpose, power profiles have been prepared, taking the values 0, 5, 10, and 15 kW (and kVAR) in steps of 20 seconds each. These profiles were loaded into the algorithm commanding the inverters associated with the ESS in the laboratory's SCADA.

Figure 13 (a) depicts the response provided by the Supercapacitor-ESS. The graph demonstrates the correct performance of this ESS since it successfully reaches the active power setpoint values in both transient and steady-state regimes. However, it is worth noting the volatility of the SoC of this technology in terms of active power injection and absorption requirements. This characteristic is expected since the Supercapacitor-ESS is the technology with the lowest energy storage capacity of the three studied here. In addition, regarding reactive power tracking (Figure 13 (b)), the Supercapacitor-ESS correctly achieves the setpoints imposed with a negligible consumption of useful energy (SoC). With these two tests, the usefulness of this ESS in applications requiring fast power response and its low energy consumption is evident.

Figure 13

Power tracking of the Supercapacitor-ESS

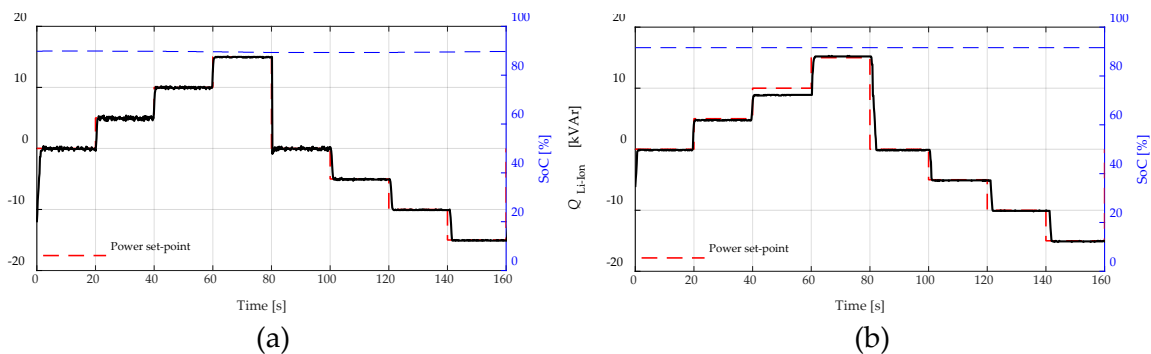


Next, regarding the response presented by the Li-Ion BESS, Figure 14 (a) shows the high effectiveness in active power setpoint tracking of the lithium-ion battery in transient and permanent regimes, shown in Figure 14 (b).

In this test, it is evident that when the ESS is subjected to an active power requirement of short duration, the useful energy handled is small and almost does not affect the SoC level for the plotted time scale. A similar situation occurs in the reactive power control (Figure 14 (b)), in which the reactive power tracking is performed very efficiently while the SoC does not show an appreciable reduction over time. In this second test, the inverter associated with the ESS presents a correct performance in short-term power tracking tasks and, in turn, provides operation for relatively long times due to its significant energy storage capacity.

Figure 14

Power tracking of the Li-Ion BESS

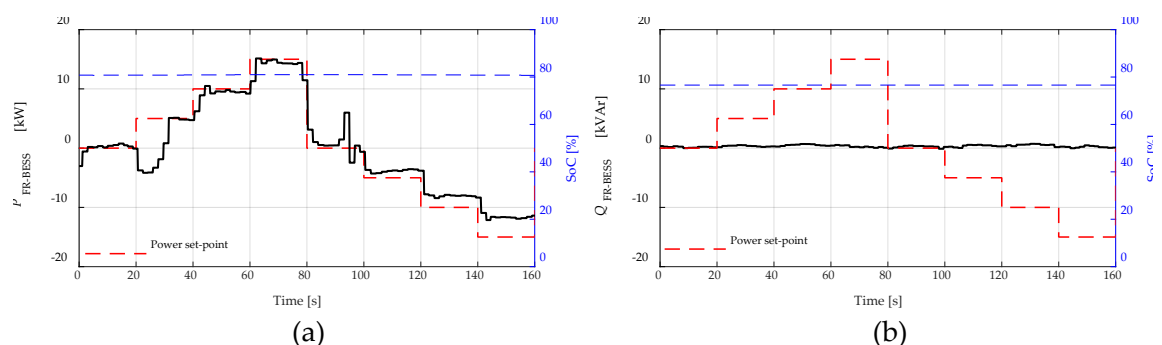


Finally, Figure 15 shows the performance of the Vanadium Redox Flow-BESS in power-tracking tasks. Figure 15 (a) shows the poor response of this technology in terms of short-term active power. On the other hand, when long-term power transitions are required, this ESS can respond adequately to such demands (See Figure 10). Finally, regarding reactive power control, Figure 15 (b) shows a null response from the ESS. This is because the actual prototype in the laboratory does not have the reactive power control enabled by default.

The results presented here offer insights into the advantages and limitations of the three types of ESSs examined in terms of their required time response. In addition, they confirm the different applications of such technologies in their interaction with the electric power system, as discussed in section 2 of this paper.

Figure 15

Power tracking of the Vanadium Redox Flow-BESS



Conclusions

In this study, a comprehensive study has been carried out to obtain the dynamic responses of three ESS technologies: supercapacitors, lithium-ion batteries, and Vanadium redox flow batteries. The work has been done on actual commercial models with industrial

characteristics available in the Microgrid Laboratory of Universidad de Cuenca. In align with the research objectives aimed at evaluating the performance of energy storage systems in terms of their efficiency and dynamics of active and reactive power for applications in power systems, two tests were devised: 1) charge and discharge and 2) active and reactive power set point tracking. The most relevant results are presented below:

Supercapacitor-ESS: the results of charge and discharge tests showed that this energy storage medium has the lowest storage capacity: 1/90 of the capacity of Li-Ion BESS and 1/670 of the capacity of Vanadium Redox Flow-BESS but with very high current density since it allows swift responses in terms of active and reactive power with practically imperceptible error margins. From these tests, it is concluded that this ESS is ideal for applications whose power demands have a very short-term variability, such as power smoothing, frequency and voltage control in electrical systems, and voltage dips suppressor when switching from a primary supply source to a backup source during a contingency. Its round-trip efficiency is around 92%.

Li-Ion BESS: Tests performed on this commercial model showed that its storage capacity allows it to sustain significant power for at least a few hours, which, added to its high current density, allows practically instantaneous transitions of active and reactive power, allowing this ESS technology to be implemented in applications similar to that of Supercapacitor-ESS. In addition, its long autonomy allows it to be used as a backup system when the primary energy supply is lost in an electrical installation, widening the range of applications concerning the previous technology. Experimental results showed this technology has a 95-97% round-trip efficiency.

Vanadium Redox Flow BESS: after conducting charge and discharge tests on this type of battery, it was found to have the highest capacity of the three ESSs studied. This technology enables the sustenance of significant power load requirements during tens of hours of uninterrupted operation. From the experimental results, it is concluded that this ESS is ideal to be implemented as a reliable and long-duration power backup system in applications where the primary supply source presents a high risk of unavailability or in base load applications. However, this ESS is unsuitable for applications where high-speed tracking of load power is required due to the electrochemical constraints of the tested commercial model. The round-trip efficiency is around 57%, the lowest of the three technologies studied.

In addition to the conclusions presented here, the results of this study provide charge and discharge charts of the different ESSs and values of charge and discharge times at different power levels. These data enable the elaboration of characteristic power vs. charging time curves, which help feed mathematical ESS models. Integrating mathematical ESS models in the grid studies facilitates obtaining numerical results that closely resemble the actual operation of these prototypes, thereby enhancing accuracy when sizing the energy storage facilities for various applications within the electrical power system framework.

Acknowledgments

The authors thank Universidad de Cuenca for easing access to the facilities of the Microgrid Laboratory of the Centro Científico Tecnológico y de Investigación Balzay (CCTI-B), for allowing the use of its equipment, and for authorizing its staff the provision of technical support necessary to carry out the experiments described in this article.

References

- Aneke, M., & Wang, M. (2016). Energy storage technologies and real life applications – A state of the art review. *Applied Energy*, 179, 350–377. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.097>
- Arribas, B. N., Melício, R., Teixeira, J. C., & Mendes, V. M. F. (2016). Vanadium Redox Flow Battery Storage System Linked to the Electric Grid. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 1025–1036. <https://doi.org/10.24084/repqj14.561>
- Beltran, H., Ayuso, P., & Pérez, E. (2020). Lifetime Expectancy of Li-Ion Batteries used for Residential Solar Storage. *Energies*, 13(3), 568. <https://doi.org/10.3390/en13030568>
- Benavides, D., Arévalo, P., Aguado, J. A., & Jurado, F. (2023). Experimental validation of a novel power smoothing method for on-grid photovoltaic systems using supercapacitors. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 149, 109050. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109050>
- Benoy, S. M., Pandey, M., Bhattacharjya, D., & Saikia, B. K. (2022). Recent trends in supercapacitor-battery hybrid energy storage devices based on carbon materials. *Journal of Energy Storage*, 52, 104938. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.104938>
- Campoverde-Pillco, J., Ochoa-Correa, D., Villa-Ávila, E., & Astudillo-Salinas, P. (2024). Reutilización de baterías de vehículos eléctricos para aplicaciones de segunda vida en sistemas eléctricos de potencia con una alta penetración de energía renovable: una revisión sistemática de la literatura. *Ingenius*, 31, 95–105. <https://doi.org/10.17163/ings.n31.2024.08>
- Castro-Gutiérrez, J., Celzard, A., & Fierro, V. (2020). Energy Storage in Supercapacitors: Focus on Tannin-Derived Carbon Electrodes. *Frontiers in Materials*, 7, 217. <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.00217>
- Dikmen, İ. C., & Karadağ, T. (2022). Electrical Method for Battery Chemical Composition Determination. *IEEE Access*, 10, 6496–6504. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3143040>
- Do Nascimento Ricardo, J., & Fthenakis, V. (2017, November 4). A Framework for Comparing the Economic Performance and Associated Emissions of Grid-connected Battery Storage Systems in Existing Building Stock: a NYISO Case Study. *2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)*. <https://doi.org/10.1109/PVSC.2017.8366258>
- Espinoza, J. L., González, L. G., & Sempértegui, R. (2017). Micro grid laboratory as a tool for research on non-conventional energy sources in Ecuador. *2017 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ROPEC.2017.8261615>
- Gao, D., Luo, Z., Liu, C., & Fan, S. (2023). A survey of hybrid energy devices based on supercapacitors. *Green Energy & Environment*, 8(4), 972–988. <https://doi.org/10.1016/j.gee.2022.02.002>
- Hassan, Q., Jaszczur, M., Abdulateef, A. M., Abdulateef, J., Hasan, A., & Mohamad, A. (2022). An analysis of photovoltaic/supercapacitor energy system for improving self-consumption and self-sufficiency. *Energy Reports*, 8, 680–695. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.021>
- Kljajić, R., Marić, P., Relić, F., & Glavaš, H. (2020). Battery Energy Storage Systems and FACTS Devices Influence on Microgrid Voltage Stability. *2020 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, 141–146. <https://doi.org/10.1109/SST49455.2020.9264080>
- Lee, D., Kang, S., & Shin, C. (2022). Modelling the Effect of Cell Variation on the Performance of a Lithium-Ion Battery Module. *Energies*, 15(21), 8054. <https://doi.org/10.3390/en15218054>
- Li, M.-J., Zhao, W., Chen, X., & Tao, W.-Q. (2017). Economic analysis of a new class of vanadium redox-flow battery for medium- and large-scale energy storage in commercial applications with renewable energy. *Applied Thermal Engineering*, 114, 802–814. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.156>
- Libich, J., Máca, J., Vondrák, J., Čech, O., & Sedlaříková, M. (2018). Supercapacitors: Properties and applications. *Journal of Energy Storage*, 17, 224–227. <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.03.012>

- Lourenssen, K., Williams, J., Ahmadpour, F., Clemmer, R., & Tasnim, S. (2019). Vanadium redox flow batteries: A comprehensive review. *Journal of Energy Storage*, 25, 100844. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100844>
- Mancuso, M. V., Campana, P. E., & Yan, J. (2019). Evaluation of Grid-Connected Micro-Grid Operational Strategies. *Energy Procedia*, 158, 1273–1278. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.315>
- Mostert, C., Ostrander, B., Bringezu, S., & Kneiske, T. M. (2018). Comparing Electrical Energy Storage Technologies Regarding Their Material and Carbon Footprint. *Energies*, 11(12), 3386. <https://doi.org/10.3390/en11123386>
- Nitta, N., Wu, F., Lee, J. T., & Yushin, G. (2015). Li-ion battery materials: present and future. *Materials Today*, 18(5), 252–264. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.10.040>
- Niwas, R., & Singh, B. (2016). Unity power factor operation and load-leveiling of diesel generator set using battery energy storage system. *2016 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IAS.2016.7731841>
- Ochoa, D., & Martinez, S. (2021). Analytical Approach to Understanding the Effects of Implementing Fast-Frequency Response by Wind Turbines on the Short-Term Operation of Power Systems. *Energies*, 14(12), 3660. <https://doi.org/10.3390/en14123660>
- Ochoa, D., Villa, E., Iñiguez, V., Larco, C., & Sempértegui, R. (2022). Uso de supercondensadores para brindar soporte de frecuencia en una microrred aislada. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 174–185. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.961>
- Pazmiño, I., Martinez, S., & Ochoa, D. (2021). Analysis of Control Strategies Based on Virtual Inertia for the Improvement of Frequency Stability in an Islanded Grid with Wind Generators and Battery Energy Storage Systems. *Energies*, 14(3), 698. <https://doi.org/10.3390/en14030698>
- Pazmiño, I., Ochoa, D., Minaya, E. P., & Mera, H. P. (2022). Use of Battery Energy Storage Systems to Enhance the Frequency Stability of an Islanded Microgrid Based on Hybrid Photovoltaic-Diesel Generation. In M. I. A. Chauvin, M. Botto-Tobar, A. Díaz Cadena, & S. Montes León (Eds.), *Sustainability, Energy and City* (pp. 48–58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94262-5_5
- Şahin, M., Blaabjerg, F., & Sangwongwanich, A. (2022). A Comprehensive Review on Supercapacitor Applications and Developments. *Energies*, 15(3), 674. <https://doi.org/10.3390/en15030674>
- Sánchez-Díez, E., Ventosa, E., Guarnieri, M., Trovò, A., Flox, C., Marcilla, R., Soavi, F., Mazur, P., Aranzabe, E., & Ferret, R. (2021). Redox flow batteries: Status and perspective towards sustainable stationary energy storage. *Journal of Power Sources*, 481, 228804. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228804>
- Shukla, A. K., Sampath, S., & Vijayamohanan, K. (2000). Electrochemical supercapacitors: Energy storage beyond batteries on JSTOR. *Current Science*, 79(12). [t.ly/d9Csz](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228804)
- Silva, F. A. (2018). Electric Energy Storage Systems: Flexibility Options for Smart Grids [Book News]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 12(3), 54–55. <https://doi.org/10.1109/MIE.2018.2856574>
- Skyllas-Kazacos, M., Chakrabarti, M. H., Hajimolana, S. A., Mjalli, F. S., & Saleem, M. (2011). Progress in Flow Battery Research and Development. *Journal of The Electrochemical Society*, 158(8), R55. <https://doi.org/10.1149/1.3599565>
- Subasinghage, K., Gunawardane, K., Padmawansa, N., Kularatna, N., & Moradian, M. (2022). Modern Supercapacitors Technologies and Their Applicability in Mature Electrical Engineering Applications. *Energies*, 15(20), 7752. <https://doi.org/10.3390/en15207752>
- Suvire, G. O., Ontiveros, L. J., & Mercado, P. E. (2017). Combined control of a flywheel energy storage system and a vanadium redox flow battery for wind energy applications in microgrids. *DYNA*, 84(202), 230–238. <https://www.redalyc.org/journal/496/49655539026/>

- Transparency Market Research. (2023, January). *Redox Flow Battery Market*. Redox Flow Battery Market. [t.ly/w6R03](https://www.transparencymarketresearch.com/redox-flow-battery-market)
- Zecchino, A., Yuan, Z., Sossan, F., Cherkaoui, R., & Paolone, M. (2021). Optimal provision of concurrent primary frequency and local voltage control from a BESS considering variable capability curves: Modelling and experimental assessment. *Electric Power Systems Research*, 190, 106643. <https://doi.org/10.1016/J.EPSR.2020.106643>
- Zubi, G., Dufo-López, R., Carvalho, M., & Pasaoglu, G. (2018). The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 89, 292–308. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.002>

Resolución del problema de optimización bi-objetivo para el despacho de plantas hidroeléctricas en condiciones de bajo caudal de entrada utilizando el algoritmo NSGA II

Resolution of the bi-objective optimization problem for the dispatch of hydroelectric plants under conditions of low inflow using the NSGA II algorithm

César A. Yajure-Ramírez¹ <https://orcid.org/0000-0002-3813-7606>

¹Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela
cyajure@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/03/06

Aceptado: 2024/06/02

Publicado: 2024/06/30

Resumen

Entre las consecuencias del cambio climático se encuentran el aumento de la temperatura y cambios en los patrones de caída de lluvia que traen períodos de sequía más largos. Esto crea limitaciones en la administración de los embalses de las plantas hidroeléctricas, restringiendo en algunos casos la cantidad de energía eléctrica generada. El objetivo de esta investigación consiste en resolver el problema de optimización multiobjetivo que busca minimizar la producción de energía eléctrica de plantas hidroeléctricas con bajo caudal de entrada y, a la vez, minimizar el racionamiento eléctrico debido a esa baja producción. Al ser objetivos contrapuestos entre sí, se hizo necesario aplicar las metodologías de resolución de problemas de optimización multiobjetivo entre las que se encuentran los algoritmos genéticos. El modelo matemático se construyó considerando las condiciones operativas de los embalses de las plantas hidroeléctricas bajo estudio, tomando en cuenta sus cotas de operación mínima, las cuales son incluidas en las restricciones del modelo. Se utilizó el algoritmo genético de clasificación no dominado II para obtener el frente de Pareto, el cual resultó compuesto por un total de 78 soluciones no dominadas, las que fueron útiles para administrar los embalses considerados, a la hora de máxima demanda. En definitiva, se recomienda utilizar otros algoritmos de optimización multiobjetivo para efectos de comparación, seleccionando los indicadores idóneos para evaluar el desempeño de cada algoritmo empleado, además de incorporar restricciones de costos monetarios y ambientales al modelo.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Yajure-Ramírez, C. (2024). Resolución del problema de optimización bi-objetivo para el despacho de plantas hidroeléctricas en condiciones de bajo caudal de entrada utilizando el algoritmo NSGA II. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 32-43.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1146>

Palabras clave: Cambio climático, frente de Pareto, generación eléctrica, NSGA, racionamiento eléctrico.

Abstract

Among the consequences of climate change are increased temperatures and changes in rainfall patterns that bring longer periods of drought. This creates limitations in the administration of hydroelectric plant reservoirs, restricting, in some cases, the amount of electrical energy generated. The objective of this research is to solve the multi-objective optimization problem that seeks to minimize the production of electrical energy from hydroelectric plants with low inflow and, at the same time, minimize electrical rationing due to this low production. As these objectives conflict with each other, it is necessary to apply multi-objective optimization problem-solving methodologies, among which are genetic algorithms. The mathematical model is built considering the operating conditions of the reservoirs of the hydroelectric plants under study, including their minimum operating levels, which are included in the model restrictions. The non-dominated genetic classification algorithm II is used to obtain the Pareto front, which is composed of a total of 78 non-dominated solutions that are useful to manage the considered reservoirs at the time of maximum demand. It is recommended to use other multi-objective optimization algorithms for comparison purposes, selecting the ideal indicators to evaluate the performance of each algorithm used, in addition to incorporating monetary and environmental cost restrictions into the model.

Keywords: Climate change, Pareto front, electricity generation, NSGA, electricity rationing.

Introducción

Las plantas de energía hidroeléctrica se basan en la conversión de la energía potencial asociada a la diferencia de nivel del agua almacenada en los embalses construidos para tal fin. La energía hidroeléctrica “se genera gracias al flujo de agua y utilizando tecnología mecánica tal como las turbinas para hacer la conversión de la energía” (Ahmad et al., 2019). Esta energía asociada al agua almacenada o en movimiento forma parte de las conocidas energías renovables. Para el año 2022, el 30% del total de generación eléctrica a nivel mundial fue suministrada por las fuentes renovables, siendo un poco más de la mitad de la generación de electricidad del tipo hidroeléctrica (REN21, 2023). Asimismo, en Latinoamérica el 45% del total de generación de electricidad proviene de plantas hidroeléctricas (Agencia Internacional de Energía, 2021).

Ahora bien, el cambio climático puede generar cambios en la temperatura ambiental y en los patrones de caída de las lluvias, afectando la disponibilidad de agua para las plantas hidroeléctricas (Okoye et al., 2023). Asimismo, algunos fenómenos climáticos podrían generar períodos de sequía en algunas partes del planeta que impactarían negativamente, entre otras cosas, los niveles de los embalses asociados a las plantas hidroeléctricas. En países con una matriz energética tal que más del 50% está compuesta de energía hidroeléctrica, el impacto de estos fenómenos climáticos podría ocasionar un aumento en el racionamiento de la energía a buena parte de la población. Por ejemplo, en presencia del fenómeno de “El Niño” se intensifica la sequía en algunos países latinoamericanos. Según López (2024), “El Niño” es el principal responsable de la sequía que experimenta Venezuela desde julio del año 2023 y, de acuerdo con el Centro de Predicción Climática de los Estados Unidos (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2024), se espera que los efectos de este fenómeno climático estén presentes hasta al menos el mes de abril del año 2024.

Por lo anterior, en presencia de condiciones de un atípico bajo caudal de entrada a los embalses de las plantas hidroeléctricas, se hace necesario administrar su uso para evitar llegar a los niveles mínimos de operación. Esto podría disminuir la energía eléctrica generada y aumentar así el racionamiento eléctrico, en caso de no existir otros tipos de plantas de generación que compensen tal disminución. Esta situación acarrea un problema de optimización de dos objetivos contrapuestos en el que se busca disminuir la energía eléctrica generada por las plantas para no alcanzar a los niveles mínimos de operación de los embalses, pero también reducir el racionamiento eléctrico para así minimizar el impacto en la población. Para resolver este tipo de problemas, se puede aplicar alguna de las técnicas de optimización multiobjetivo disponibles. En ese sentido, la finalidad de esta investigación es aplicar algoritmos evolutivos multiobjetivo para establecer el despacho de plantas hidroeléctricas que tienen condiciones de bajo caudal de entrada a los embalses. Para ello, se utiliza el algoritmo genético de clasificación de soluciones no dominadas de segunda generación (NSGA II), buscando minimizar simultáneamente la generación eléctrica de dos plantas hidroeléctricas y el racionamiento eléctrico de la región que es abastecida por dichas plantas.

Se hizo una revisión bibliográfica de las investigaciones relacionadas con este tema, y no se encontró alguna en la que se busque reducir simultáneamente la generación de las plantas hidroeléctricas y el racionamiento eléctrico. Por ejemplo, Huang et al. (2023) utilizan el algoritmo NSGA II para optimizar dos funciones objetivo, la generación de una planta hidroeléctrica ubicada en China, la cual sirve para regular el pico de demanda, y la disponibilidad de navegación del canal marítimo que se alimenta del caudal proveniente de la planta. Entre las restricciones consideradas se encuentran las cotas seguras para el embalse, el caudal de salida de la planta, y los límites de la potencia eléctrica de la planta. Los resultados obtenidos permiten programar tanto la operación de la planta como el uso del canal de navegación.

Asimismo, Jena et al. (2022) hacen uso del algoritmo NSGA II para resolver un problema de optimización de dos objetivos que le permita programar la operación de plantas hidráulicas, plantas térmicas, plantas solares fotovoltaicas, y plantas eólicas, minimizando los costos de operación y las emisiones contaminantes del sistema. Los resultados numéricos son comparados con los del algoritmo SPEA 2, obteniendo que el uso del NSGA II genera mayor disminución del costo y de las emisiones.

Por otra parte, Hojjati et al. (2018) aplican y comparan los algoritmos NSGA II y MOPSO (*multi-objective particle swarm optimization*) para mejorar la operación de embalses de agua, maximizando los ingresos provenientes de la generación de potencia y el volumen almacenado de agua. Se consideran restricciones asociadas al balance de agua en el embalse, a los límites de liberación del caudal de agua, y al caudal mínimo “aguas abajo” para protección del medio ambiente. Los investigadores concluyen que el algoritmo NSGA II tiene un mejor desempeño con mejoras del 22% y el 3% en los ingresos y el volumen, respectivamente, al compararlo con los resultados del MOPSO.

Además, Sun et al. (2018) utilizan el algoritmo evolutivo multiobjetivo basado en descomposición con ajuste de vector de peso adaptativo (MOEA/D-AWA) para optimizar la operación de embalses de agua. Como funciones objetivo tienen la maximización de la potencia generada por la planta hidroeléctrica, y la maximización del desvío de caudal de agua de la salida del embalse. Consideran restricciones de balance de agua en el reservorio, generación de potencia eléctrica, y el caudal de diseño de la estación de bombeo. El estudio determina que el modelo propuesto es efectivo para resolver el problema de optimización de operación de embalses de agua.

Por otro lado, Zhou et al. (2003) hacen uso del algoritmo de optimización de clasificación de soluciones no dominadas (NSBWO) para mejorar la operación de plantas hidroeléctricas considerando los tiempos de llegada de las naves al embalse. Las restricciones incluyen los límites de las cotas de los embalses, del flujo de descarga de la planta, de la potencia de las unidades, tasa de variación de los niveles de agua, entre otras. Como resultado obtuvieron un plan de operación diario óptimo para la planta hidroeléctrica.

De igual forma, Wei et al. (2022) plantean un modelo de optimización multiobjetivo para aumentar la generación de energía que produce una planta hidroeléctrica y a la vez maximizar el desvío de agua del embalse del sistema. Aplican el algoritmo NSGA II-SEABODE, el que combina la optimización multiobjetivo y la toma de decisiones multiatributo. Las restricciones consideradas incluyen balance de agua, límites de cotas del embalse, límites en la potencia de salida, límites en el flujo de bombeo y límites en el caudal ecológico. Los resultados muestran que la metodología puede promover la utilización eficiente de los recursos hídricos.

Adicionalmente, Li & Qiu (2015) plantean el uso de un modelo de optimización multiobjetivo basado en el algoritmo NSGA II para maximizar la generación anual de energía eléctrica mientras se maximiza la potencia firme de la planta hidroeléctrica. Las restricciones consideradas en el modelo están relacionadas con los límites de las cotas del embalse, los límites de la descarga de agua del embalse, balance de agua, entre otras. Concluyen que la metodología propuesta, además de ser efectiva, muestra una relación cuantitativa entre la generación de energía y la potencia firme.

Finalmente, Marcelino et al. (2021) proponen un modelo de optimización multiobjetivo para maximizar la potencia generada de una planta hidroeléctrica y simultáneamente maximizar el volumen total de agua en un conjunto de embalses. Utilizan el algoritmo evolutivo multiobjetivo de hibridación de enjambres (MESH), y comparan sus resultados con los de los algoritmos NSGA II, NSGA III, SPEA II, y MOEA/D. Sus hallazgos indican que el MESH presenta un mejor desempeño, en comparación con el resto de los algoritmos, en términos de eficiencia y exactitud.

El resto del artículo se distribuye de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la metodología utilizada, luego en la sección 3 se discuten los resultados obtenidos; seguidamente, se presentan las conclusiones que se derivan de la investigación y, finalmente, se tienen las referencias bibliográficas utilizadas.

Materiales y Métodos

En primer lugar, se definieron las funciones objetivo que deben ser optimizadas, tomando en cuenta las condiciones de los embalses, debidas al aumento de la demanda eléctrica, y al fenómeno “El Niño” que genera sequía y, por consiguiente, bajo caudal de entrada. La primera función objetivo consistió en minimizar la producción de energía eléctrica en las plantas de generación hidroeléctrica bajo estudio, correspondientes a los embalses 1 y 2, para así disminuir el consumo del agua almacenada, puesto que se espera poco caudal de entrada en el corto y mediano plazo, y la segunda función fue minimizar el racionamiento eléctrico en dicha región. Es evidente que estos dos objetivos son contrapuestos ya que minimizar la producción de la energía eléctrica generada por las plantas hidroeléctricas implica un posible aumento en el racionamiento eléctrico si no se dispone de otras fuentes de generación que compensen tal disminución. El racionamiento eléctrico vendrá dado como la diferencia entre la demanda máxima en la región bajo estudio y los distintos aportes de energía eléctrica hacia dicha región. Estos aportes son la generación en las plantas de los embalses bajo

estudio, la generación en el resto de las plantas hidroeléctricas y térmicas de la región, y el límite máximo de transferencia a través del sistema de transmisión.

Seguidamente, se definieron las variables de decisión que se relacionan con las funciones objetivo, las que fueron generación eléctrica en la planta del embalse 1, generación eléctrica en la planta del embalse 2, generación eléctrica en el resto de la región, y límite de transferencia de energía eléctrica hacia la región de estudio a través del sistema de transmisión. Posteriormente, se consiguieron los límites de las variables de decisión, así como las restricciones que involucran a dichas variables. Los límites de operación para las cotas de los embalses se introdujeron en las restricciones, cuyas ecuaciones se encontraron utilizando regresión lineal múltiple.

Una vez que se obtuvo el modelo matemático del problema de optimización multiobjetivo, se aplicó la técnica adecuada para resolver este problema. En esta investigación se empleó el algoritmo evolutivo de optimización multiobjetivo NSGA II para conseguir un conjunto de decisiones no dominadas que definen el frente de Pareto, utilizando el lenguaje de programación Python.

Optimización multiobjetivo

Un problema de optimización multiobjetivo es aquel que tiene un conjunto de funciones objetivo por optimizar, ajustando adecuadamente los valores de las variables de decisión, las que están sometidas a un conjunto de restricciones que se deben satisfacer simultáneamente. Coello et al. (2007, p. 5) indican que “estas funciones objetivo forman la descripción matemática del criterio de desempeño, las cuales están usualmente en conflicto una con otra”. Dada la característica conflictiva entre las funciones a optimizar, no hay una solución única que pueda mejorarlas de manera simultánea, por lo que la solución del problema consiste en encontrar los valores de las funciones objetivo que sean aceptables para el que toma la decisión. Adicionalmente, Hussain & Kim (2021, p. 3) hablan de la optimización multiobjetivo como el proceso de optimizar simultáneamente un conjunto de funciones objetivo, y plantean que “en la mayoría de los casos las funciones objetivo son de naturaleza conflictiva y optimizar una de ellas implica el deterioro de la otra, y viceversa. Por consiguiente, la meta es encontrar un equilibrio entre estos objetivos en conflicto”.

Las restricciones del problema son impuestas por el medio ambiente o por limitaciones de los recursos disponibles, por lo que deben cumplirse para que una solución determinada sea considerada aceptable o factible. Por otra parte, describen dependencias entre las variables de decisión y constantes o parámetros involucrados en el problema particular.

Tal como plantean Al Shidhani et al, (2020), si se establece el vector de variables de decisión: $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, tales que satisfacen J restricciones de desigualdad, K restricciones de igualdad y están limitadas entre un límite superior y un límite inferior, y optimiza el vector de funciones objetivo, el modelo matemático genérico es:

$$\text{minimizar/maximizar } f(\mathbf{X}) = [f_1(\mathbf{X}), f_2(\mathbf{X}), \dots, f_k(\mathbf{X})]^T \quad (1)$$

Sujeto a:

$$g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, J \quad (2)$$

$$h_j(x) = 0, j = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$x_i^L \leq x_i \leq x_i^U, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

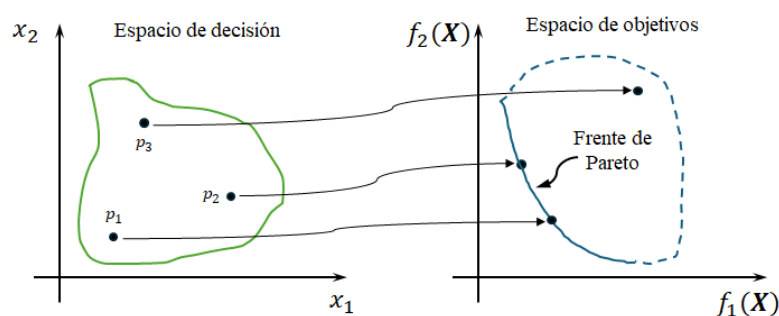
Frente óptimo de Pareto

Para cada problema de optimización multiobjetivo se podría encontrar varias soluciones de equilibrio o compromiso, las que son conocidas como soluciones óptimas de Pareto. Karami & Dariane (2022) indican que el frente de Pareto es la gráfica de las funciones objetivo considerando soluciones no dominadas, es decir, soluciones que son superiores al resto de los componentes del espacio de decisión. Una solución, como el vector de decisión, es óptima si no es dominada por ninguna otra solución en el espacio de decisión. Cuando una solución no es dominada, no es peor en ninguno de los objetivos, y es mejor en al menos uno de los objetivos. A la solución no dominada se le llama óptimo de Pareto, y al conjunto de tales soluciones compromiso óptimas se le conoce como el *conjunto óptimo de Pareto*, mientras que su imagen en el espacio de objetivos se le conoce como *frente de Pareto*.

En la Figura 1 se presentan tanto el espacio de decisión como el espacio de objetivos para el caso de un problema de optimización para el que se requiere minimizar dos funciones objetivo, y se tienen dos variables de decisión. Para efectos de ilustración, en el espacio de decisión se representan sólo tres puntos, los que se mapean hacia el espacio de objetivos. En este caso, el punto p_3 representa a una solución dominada, y los puntos p_1 y p_2 forman parte del conjunto óptimo de Pareto, y sus imágenes en el espacio de objetivos caen dentro del frente de Pareto.

Figura 1

Espacios de decisión y de objetivos



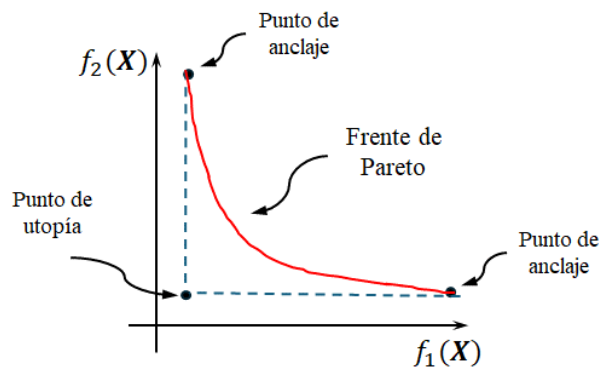
Por otra parte, en la Figura 2 se puede observar la gráfica de un frente de Pareto genérico en el que hay tres puntos característicos: el punto de utopía en el que las dos funciones alcanzan sus óptimos individuales, pero que realmente no forma parte del frente, y los dos puntos de anclaje, en los que cada función alcanza su óptimo y que sí forman parte del frente de Pareto. Estos tres puntos son definidos en Yeung & Zhang (2023), quienes además incorporan el punto *nadir*, el cual representa simultáneamente los peores valores de las funciones objetivo.

En la actualidad, para encontrar el frente de Pareto existe una variedad de técnicas. En la investigación de Emmerich & Deutz (2018) clasifican estas técnicas en tres categorías: técnicas de escalarización, algoritmos numéricos, y algoritmos evolutivos. El primer grupo consiste en agrupar las funciones objetivo en una sola (o reformular todas menos una como restricciones), y se resuelve el problema restringido a un solo objetivo. El segundo grupo reside en combinar los métodos de escalarización con los métodos numéricos matemáticos para solucionar un problema de optimización de un solo objetivo. Finalmente, el tercer grupo radica en utilizar algoritmos evolutivos, tales como los algoritmos genéticos, para resolver el problema de optimización multiobjetivo. Este tercer grupo es el que se utiliza en esta investigación, puesto que, como indican Zitzler et al. (2004), la generación del frente de Pareto podría ser muy costosa computacionalmente hablando, e incluso podría no ser factible su

obtención, dependiendo de la complejidad de la aplicación. Por esta razón, se ha hecho uso de los algoritmos evolutivos para obtener la aproximación de dicho frente.

Figura 2

Frente de Pareto genérico



Optimización multiobjetivo evolutiva

Los algoritmos evolutivos multiobjetivo (MOEA) son un tipo de métodos de optimización estocásticos que simulan el proceso de selección natural. A partir de la década de los setenta del siglo XX, se han propuesto una variedad de metodologías evolutivas, y de acuerdo con Zitzler et al. (2004) estas metodologías trabajan sobre un conjunto de soluciones candidatas, el cual es modificado a través de dos principios básicos: selección y variación. La selección imita la competencia por la reproducción y los recursos entre los seres vivos, y la variación imita la capacidad natural de crear “nuevas” formas de vida mediante la recombinación y la mutación.

Los autores mencionados establecen que un algoritmo evolutivo se caracteriza por poseer tres elementos principales: un conjunto de soluciones candidatas, un proceso de selección (*mating*) aplicado al conjunto de soluciones candidatas, y un proceso de recombinación para generar nuevas soluciones. Haciendo analogía con la evolución natural, a las soluciones candidatas se les llama individuos, y al conjunto de soluciones candidatas se les llama población. El proceso de selección, por lo general, consta de dos etapas: adaptabilidad (*fitness*) y muestreo (*sampling*).

En la primera etapa, los individuos en la población actual se evalúan en el espacio de objetivos y entonces se le asigna un valor escalar llamado adaptabilidad, el cual refleja su calidad. Posteriormente, se realiza la etapa de muestreo en la que se seleccionan individuos de la población de acuerdo con sus valores de adaptabilidad, y se colocan en una “piscina de apareamiento” (*mating pool*). Un método de muestreo comúnmente utilizado consiste en elegir aleatoriamente dos individuos de la población, y aquel que tenga mejor valor de adaptabilidad se copia en la piscina. Este procedimiento se repite hasta que la piscina esté llena.

Seguidamente se aplican los operadores de variación a los individuos ubicados en la piscina; generalmente, son los operadores de mutación y de recombinación. El operador de recombinación toma un cierto número de individuos (padres) y crea un número predefinido de hijos, al combinar partes de los padres. Asociado a este operador se tiene una probabilidad de cruce. Por otra parte, el operador de mutación modifica a los individuos al cambiar pequeñas partes de ellos en el vector asociado, y de acuerdo con una tasa de mutación dada. Se podría dar el caso que algunos individuos sean solo una copia de la solución previamente generada debido al efecto aleatorio del proceso.

Por último, se tiene el proceso de selección ambiental, en el que se determina cuales individuos de la población y de la piscina modificada formarán la nueva población. Un criterio es utilizar la piscina modificada como nueva población; otro enfoque consiste en combinar ambos conjuntos y luego escoger los mejores individuos, aunque estos no son los únicos dos enfoques utilizados normalmente.

Coello et al. (2007) clasifican los algoritmos MOEA en tres tipos: funciones de agrupamiento, enfoques basados en población, y enfoques basados en Pareto. El enfoque basado en Pareto consiste en un esquema de selección asentado en el concepto de optimalidad de Pareto. Utiliza el concepto de *fitness* para mantener la diversidad, y evitar la convergencia del algoritmo genético a una solución simple. Según Coello et al. (2007) este enfoque se puede dividir en dos generaciones: una primera generación caracterizada por el uso de la capacidad de adaptación combinada con un ranking de Pareto; y una segunda generación que surge con la introducción del concepto de elitismo. El elitismo, usualmente, se refiere al uso de una población externa para retener las soluciones no dominadas. Esta población también es llamada población secundaria. Algunos de los MOEA'S más representativos de esta segunda generación son: algoritmo evolutivo de Pareto de fuerza (SPEA), algoritmo evolutivo de Pareto de fuerza 2 (SPEA2), algoritmo genético de clasificación no dominado II (NSGA II), algoritmo genético de Pareto con nicho 2 (NPGA II).

El algoritmo NSGA consiste en hacer una jerarquización de la población sobre la base de la no dominación, antes de hacer la selección. Todos los individuos no dominados se clasifican en una categoría con un valor de adaptabilidad proporcional al tamaño de la población, para así suministrar un potencial reproductivo idéntico para estas soluciones. Para mantener la diversidad de la población, se efectúa una repartición de adaptabilidad entre estos individuos clasificados, utilizando los valores arbitrarios de adaptabilidad previamente definidos. Luego, este grupo de soluciones clasificadas se ignora, y se considera otra capa de individuos no dominados. Este proceso se repite hasta que todos los individuos en la población estén clasificados. NSGA II es una versión revisada del algoritmo NSGA de primera generación. Es computacionalmente más eficiente, utiliza elitismo, y un operador de comparación de llenado para mantener la diversidad sin especificar ningún parámetro adicional. No utiliza memoria externa, su mecanismo de elitismo consiste en la combinación de los mejores parientes con los mejores descendientes obtenidos.

Regresión Lineal Múltiple

Este es un algoritmo de aprendizaje automático supervisado, y utiliza una serie de variables explicativas o regresoras que definen el comportamiento de una variable objetivo. Se dice que el modelo es lineal en los parámetros (coeficientes) y no necesariamente en las variables. Sí se tienen k variables explicativas, según lo planteado por Gujarati & Porter (2010), la expresión de la variable objetivo se presenta a continuación:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \epsilon_i \quad (5)$$

En la ecuación (5) se cumple que Y_i es la variable objetivo, $X_{1i} \dots X_{ki}$ son las variables explicativas o regresoras, ϵ_i es el término de perturbación estocástica, e i la i -ésima observación del conjunto de datos. Asimismo, β_0 es el valor promedio de la variable objetivo cuando todas las predictoras valen cero, y $\beta_1 \dots \beta_k$ son los coeficientes de regresión.

De acuerdo con Gujarati & Porter (2010), en términos generales, existen tres métodos de estimación de los coeficientes de regresión, también llamados parámetros: mínimos

cuadrados ordinarios, máxima verosimilitud, método de los momentos, y su extensión, el método de los momentos generalizado. Usualmente se utiliza el primero de ellos, es decir, el método de los mínimos cuadrados ordinarios.

Adicionalmente, plantean que el modelo de regresión lineal se basa en ciertos supuestos; por ejemplo: no hay colinealidad exacta o cuasi exacta entre las variables explicativas, el término de perturbación estocástica esta normalmente distribuido, el número de observaciones debe ser mayor al número de parámetros a estimar, el modelo de regresión es lineal en los parámetros, el valor medio de la perturbación estocástica es nulo, entre otros.

Resultados y Discusión

A continuación, se presentan y discuten los resultados obtenidos, los que incluyen el desarrollo del modelo del problema de optimización multiobjetivo, y el frente de Pareto conseguido luego de aplicar el algoritmo NSGA II utilizando el lenguaje de programación Python.

Modelo del problema multiobjetivo

La función F_1 corresponde a la minimización de la generación de las plantas hidroeléctricas asociadas a los embalses 1 y 2 (ver ecuación 6), es decir, se minimiza la sumatoria de la generación de los dos embalses. Por otra parte, la función F_2 corresponde a la minimización del racionamiento eléctrico en la región donde se ubican los embalses (ver ecuación 7). Se considera la demanda máxima histórica, la que corresponde a la hora 20 del día.

En cuanto a la operación de los generadores de los embalses 1 y 2, se tomaron los límites operativos históricos durante el período 2021-2023. Para la planta del embalse 1 una generación entre 0 MW y 185 MW, para la planta del embalse 2 una generación entre 0 y 201 MW. Para el resto de las plantas de generación hidrotérmicas de la zona, se espera una generación global entre los 300 MW y los 700 MW. Para el límite de transferencia hacia la zona, los valores se fijan entre los 200 MW y los 400 MW.

Para las cotas de los embalses, el límite de operación mínima de cada uno de ellos se considera como una restricción. Para ello, se genera una relación lineal entre la cota respectiva como variable objetivo y las variables de decisión como las variables explicativas, a través de un modelo de regresión lineal múltiple, obteniéndose dos ecuaciones de restricción asociadas a las cotas de los embalses, ver ecuación 12 para embalse 1 y ver ecuación 13 para el embalse 2. El modelo de regresión para la cota del embalse 1 tuvo un R^2 de 59%, y un error porcentual absoluto medio (MAPE) de 1,1% en los datos de prueba. En cuanto al modelo de regresión para la cota del embalse 2 tuvo un R^2 de 53%, y un MAPE de 0,43% en los datos de prueba.

Finalmente, el modelo quedaría de la siguiente manera:

$$F_1: \min (x_1 + x_2) \quad (6)$$

$$F_2: \min (1400 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4) \quad (7)$$

Sujeto a:

$$0 \leq x_1 \leq 185 \quad (8)$$

$$0 \leq x_2 \leq 201 \quad (9)$$

$$300 \leq x_3 \leq 700 \quad (10)$$

$$200 \leq x_4 \leq 400 \quad (11)$$

$$0,0813 \cdot x_2 - 0,013 \cdot x_3 - 0,055 \cdot x_4 + 32,67 \geq 0 \quad (12)$$

$$0,0316 \cdot x_1 - 0,007 \cdot x_3 - 0,025 \cdot x_4 + 15,08 \geq 0 \quad (13)$$

Donde:

x_1 : Potencia generada de la planta 1, en MW.

x_2 : Potencia generada de la planta 2, en MW.

x_3 : Potencia promedio horaria generada del resto de las plantas, en MW.

x_4 : Límite de transferencia a través del sistema de transmisión, en MW.

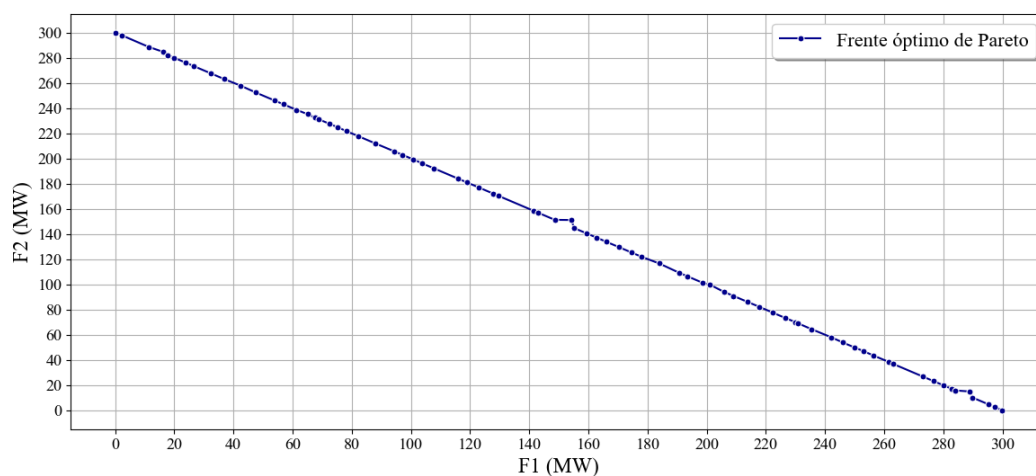
Frente de Pareto

Previo a la corrida del algoritmo NSGA II, se procedió a hacer su parametrización, quedando un tamaño de la población igual a 100, un total de 1000 generaciones, una probabilidad de cruce igual a 0,9, una probabilidad de mutación igual al inverso del número de variables de decisión, el operador de cruce del tipo “binario simulado”, un operador de mutación polinómico, y la inicialización del tipo “hipercubo latino”.

Luego de aplicar el algoritmo, se obtuvo el frente de Pareto que se presenta en la Figura 3. Se puede ver que el punto de utopía corresponde a la solución trivial cuando hay generación nula en las plantas de los embalses 1 y 2, y toda la demanda es satisfecha con la generación del resto de las plantas, más lo que se transfiere a través del sistema de transmisión.

Figura 3

Frente de Pareto



De la Figura 3 también se puede observar que el punto de anclaje superior corresponde a una generación nula en los embalses 1 y 2 y un racionamiento de 300 MW, así como una generación del resto de las plantas de 700 MW y un límite de transferencia de 400 MW. El punto de anclaje inferior comprende una generación de 298,12 MW en las plantas de los embalses y un racionamiento de 2,01 MW. La generación de la planta del embalse 1 sería de 118,51 MW, la del embalse 2 de 179,6 MW, la del resto de las plantas 700 MW, y el límite de transferencia en 400 MW.

Entre los dos puntos de anclajes hay adicionalmente 76 puntos no dominados que completan el frente de Pareto. Este es un número considerable de soluciones no dominadas, lo que da flexibilidad para la administración de los embalses. Por ejemplo, en Jena et al. (2022) se obtienen sólo 20 soluciones no dominadas al utilizar el algoritmo NSGA II, al igual que en la investigación de (Hojjati et al. (2018) cuando utilizan el mismo algoritmo de optimización.

Para la aplicación del algoritmo NSGA II al problema de optimización, se utilizó el *framework* de computación evolutiva Platypus con el lenguaje Python, y el tiempo de obtención del frente de Pareto fue de aproximadamente 4,55 segundos.

Conclusiones

Se desarrolló un modelo de optimización multiobjetivo para minimizar la producción de energía eléctrica de las plantas hidroeléctricas asociadas a dos embalses, y simultáneamente minimizar el racionamiento eléctrico en la región que es alimentada en parte por las plantas de los embalses mencionados. El modelo considera el cumplimiento de las cotas mínimas y máximas de operación de los embalses como restricciones del modelo, cuyas expresiones matemáticas se encontraron utilizando el algoritmo de aprendizaje automático regresión lineal múltiple.

Luego de aplicar el algoritmo NSGA II, se encontró el frente de Pareto del problema de optimización multiobjetivo. Este frente cuenta con un total de setenta y ocho puntos de soluciones no dominadas, incluyendo los dos puntos de anclaje. Estas soluciones se pueden considerar para la operación de las plantas asociadas a los embalses bajo estudio, para las horas del día en las que se espera un mayor valor de la demanda eléctrica. El tiempo que toma obtener el frente de Pareto utilizando el lenguaje Python y el *framework* Platypus fue de sólo 4,55 segundos.

Se recomienda comparar los resultados obtenidos utilizando otros algoritmos de optimización multiobjetivo, y seleccionando los indicadores idóneos para evaluar el desempeño de cada algoritmo utilizado. Asimismo, incorporar restricciones de costos monetarios y ambientales asociados a las plantas térmicas del resto de la generación eléctrica de la región. Finalmente, se aconseja incorporar una técnica de toma de decisiones multicriterio para la selección del mejor punto del frente de Pareto obtenido.

Referencias

- Agencia Internacional de Energía. (2021). *Climate Impacts on Latin American Hydropower*. France: IEA.
- Ahmad, M., Beddu, S., Itam, Z., & Ismail Alanimi, F. (2019). State of the Art Compendium of Macro and Micro Energies. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 88-109. <https://doi.org/10.12913/22998624/103425>.
- Al Shidhani, T., Ioannou, A., & Falcone, G. (2020). Multi-Objective Optimisation for Power System Planning Integrating Sustainability Indicators. *MDPI Energies*, <https://doi.org/10.3390/en13092199>.
- Coello Coello, C., Lamont, G., & Van Veldhuizen, D. (2007). *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. New York, USA: Springer.
- Emmerich, M., & Deutz, A. (2018). A tutorial on multiobjective optimization: fundamentals and evolutionary methods. *Natural Computing*, 585-609. <https://doi.org/10.1007/s11047-018-9685-y>.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México, D. F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Hojjati, A., Monadi, M., Faridhosseini, A., & Mohammadi, M. (2018). Application and comparison of NSGA-II and MOPSO in multi-objective optimization of water resources systems. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 323-329. <https://doi.org/10.2478/johh-2018-0006>.

- Huang, G., Tan, M., Meng, Z., Yan, J., Chen, J., & Qu, Q. (2023). Hydropower Scheduling with Power Load Prediction: Optimizing Energy Efficiency and Navigation Performance. *Research Square*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2959078/v1>.
- Hussain, A., & Kim, H.-M. (2021). Evaluation of Multi-Objective Optimization Techniques for Resilience Enhancement of Electric Vehicles. *MDPI Electronics*, <https://doi.org/10.3390/electronics10233030>.
- Jena, C., Guerrero, J., Abusorrah, A., & Al-Turk, Y. (2022). Multi-Objective Generation Scheduling of Hydro-Thermal System Incorporating Energy Storage With Demand Side Management Considering Renewable Energy Uncertainties. *IEEE Access*, 52343-52357. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3172500>.
- Karami, F., & Dariane, A. (2022). A review and evaluation of multi and many-objective optimization: Methods and algorithms. *Global Journey of Ecology*, 104-119. <https://dx.doi.org/10.17352/gje.000070>.
- Li, F.-F., & Qiu, J. (2015). Multi-Objective Reservoir Optimization Balancing Energy Generation and Firm Power. *Energies*, 6963-6976. <https://doi.org/10.3390/en8076962>.
- López, M. (11 de Febrero de 2024). ¿Qué pasa con los fenómenos de El Niño y La Niña y cómo esto afecta a Venezuela? *Efecto Cocuyo*, págs. Recuperado de: <https://efectococuyo.com/cambio-climatico/que-pasa-con-los-fenomenos-de-el-nino-y-la-nina-venezuela/>.
- Marcelino, C., Leite, G., Delgado, C., de Oliveira, L., Wanner, E., Jiménez-Fernández, S., & Salcedo-Sanz, S. (2021). An efficient multi-objective evolutionary approach for solving the operation of multi-reservoir system scheduling in hydro-power plants. *Expert Systems With Applications*, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115638>.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (8 de Febrero de 2024). EL NIÑO/SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) DIAGNOSTIC DISCUSSION. *Climate Prediction Center*, pág. Recuperado de: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.shtml.
- Okoye, G., Kassem, Y., & Gökçekuş, H. (2023). Assessing the impacts of climate change on hydropower generation and the power sector in Nigeria. *China Petroleum Processing and Petrochemical Technology*, 1-15.
- REN21. (2023). *Global Status Report - Renewables 2023*. París: REN21 Secretariat.
- Sun, X., Luo, J., & Xie, J. (2018). Multi-Objective Optimization for Reservoir Operation Considering Water Diversion and Power Generation Objectives. *MDPI Water*, <https://doi.org/10.3390/w10111540>.
- Wei, N., Yang, F., Lu, K., Xi, J., & Zhang, S. (2022). A Method of Multi-Objective Optimization and Multi-Attribute Decision-Making for Huangjinxia Reservoir. *MDPI Applied Sciences*, <https://doi.org/10.3390/app12136300>.
- Yeung, D., & Zhang, Y. (2023). Bi-Objective Optimization: A Pareto Method with Analytical Solutions. *Applied Mathematics*, 57-81. <https://doi.org/10.4236/am.2023.141004>.
- Zhou, E., Liu, X., Meng, Z., Yu, S., Mei, J., & Qu, Q. (2023). Optimizing Hydropower Station Scheduling: A Multi-Objective Real-Time Approach. *Scientific Reports*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3009681/v1>.
- Zitzler, E., Laumanns, M., & Bleuler, S. (2004). A Tutorial on Evolutionary Multiobjective Optimization. En X. Gandibleux, M. Sevaux, K. Sörensen, & V. T'kindt, *Metaheuristics for Multiobjective Optimisation* (págs. 3-37). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17144-4_1.

Evaluación de Interferencias en Escenarios Urbanos Interiores en Bandas Inferiores a 6 GHz

Interference Assessment in Indoor Urban Scenario in sub-6GHz bands

Eduardo Chancay¹ <https://orcid.org/0000-0002-8102-1537>,
Manuel Montaña¹ <https://orcid.org/0000-0001-6816-0439>, María Antonieta Alvarez¹
<https://orcid.org/0000-0002-4017-2718>, Francisco Novillo¹ <https://orcid.org/0000-0003-4278-2867>

¹*Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador*
edulchan@espol.edu.ec, mamontan@espol.edu.ec,
aalvare@espol.edu.ec, fnovillo@espol.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/05/28

Aceptado: 2024/06/27

Publicado: 2024/06/30

Resumen

En un mundo cada vez más interconectado, las bandas de frecuencia no licenciadas de 2.4 y 5 GHz han sido fundamentales para el desarrollo de aplicaciones inalámbricas como Wi-Fi (dispositivos IoT), domótica, streaming de medios, entre otras. Sin embargo, en entornos urbanos altamente poblados, como la ciudad de Guayaquil-Ecuador, la administración eficiente de estas franjas de espectro es un desafío crítico que permite el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles. La falta de estudios exhaustivos sobre interferencias en estas bandas en ambientes interiores densos hace que exista deterioro en la confiabilidad de las redes, limitando la capacidad de utilizar esquemas de modulación (MCS) más elevados, esenciales para aplicaciones que requieren mayores velocidades de conexión. Este estudio se enfoca en la recolección precisa de mediciones del espectro radioeléctrico en el centro de la ciudad de Guayaquil, específicamente en las bandas de 2.4 y 5 GHz, con el propósito de evaluar los niveles de interferencia y la disponibilidad de canales en estos entornos urbanos densamente poblados. Los resultados revelan una saturación más acentuada en la banda de 2.4 GHz, subrayando la urgente necesidad de una gestión más efectiva del espectro en áreas urbanas densamente pobladas para garantizar una conectividad sólida.

Palabras clave: Modelado de interferencias, detección de espectro, banda sin licencia, ciudades inteligentes, capacidad del canal.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Chancay, E., Montaña, M., Alvarez, M. A. & Novillo, F. (2024). Evaluación de Interferencias en Escenarios Urbanos Interiores en Bandas Inferiores a 6 GHz. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 44-56. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1178>

Abstract

In an increasingly interconnected world, the unlicensed 2.4 and 5 GHz frequency bands have been essential for developing wireless applications such as Wi-Fi (IoT devices), home automation, and media streaming, among others. However, in highly populated urban environments, such as Guayaquil, Ecuador, the efficient administration of these spectrum swaths is a critical challenge that allows the development of smart and sustainable cities. The lack of comprehensive studies on interference in these bands in dense indoor environments causes a deterioration in network reliability, limiting the ability to use higher modulation schemes (MCS) which are essential for applications that require higher connection speeds. This study focuses on the precise collection of radio spectrum measurements in Guayaquil, specifically in the 2.4 and 5 GHz bands, to evaluate interference levels and channel availability in these densely urban environments. The results reveal more pronounced saturation in the 2.4 GHz band, underscoring the urgent need for more effective spectrum management in densely populated urban areas to ensure robust connectivity.

Keywords: Interference Modeling, Spectrum Sensing, Unlicensed Band, Smart Cities, Channel Capacity.

Introducción

En una sociedad moderna donde el acceso a la red inalámbrica móvil es un recurso de uso cotidiano, ha provocado la congestión en el acceso al espectro radioeléctrico, siendo este un recurso que permite la conectividad en gran parte de las actividades del día a día. En particular, las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz desempeñan un papel crucial en la transmisión de datos, respaldando una amplia variedad de servicios esenciales. Estas incluyen las redes Wi-Fi tradicionales, la comunicación con vehículos no tripulados (UAV) (Zang et al., 2022), redes de sensores industriales (Wang et al., 2023; O'Brien et al., 2023), y la realidad extendida (XR) (Lopez-Perez et al., 2019). Sin embargo, en entornos urbanos densamente poblados, con proyecciones de crecimiento alto como la ciudad de Guayaquil-Ecuador, la gestión eficaz de estas bandas de espectro se convierte en un desafío que cobra más importancia en la actualidad.

El acceso a internet en la ciudad de Guayaquil se da mayormente por medios inalámbricos, como lo reflejan los datos estadísticos de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, donde un 62.35% de cuentas Internet por cada 100 habitantes, utilizan medios móviles (ARCOTEL, 2024), debido a este rápido crecimiento de la demanda de acceso a internet móvil, las ciudades enfrentan una presión creciente para la mejora en la infraestructura de telecomunicación. La proliferación de dispositivos conectados y aplicaciones que requieren de una red densa que permita una alta capacidad y baja latencia, como los servicios de realidad aumentada (AR) y virtual (VR), está llevando las bandas de 2.4 y 5 GHz a sus límites. Esto ha generado una necesidad urgente de explorar nuevas soluciones y tecnologías que puedan ofrecer un rendimiento superior y una mejor gestión del espectro.

Existen varias investigaciones que analizan las interferencias en diferentes entornos, el trabajo de (Chounos et al., 2022) se centra en la predicción de niveles de interferencia en redes basadas en el estándar IEEE 802.11, subrayando la importancia de comprender y gestionar la interferencia en redes inalámbricas. Este estudio respalda la necesidad de medir y evaluar las interferencias en entornos urbanos densos para asegurar la eficiencia y confiabilidad de las redes. Los trabajos de Su et al., 2023; Wang et al., 2023 analizan estadísticas de interferencia en bandas con y sin licencia, resaltando la relevancia de medir la interferencia en diferentes bandas y contextos. Estos estudios están en sintonía con la presente investigación enfocada en las bandas de 2.4 y 5 GHz. Además, Hou et al., 2021 utiliza mediciones del espectro para

estudiar la duración de estados ocupados e inactivos, proporcionando perspectivas valiosas sobre cómo las interferencias afectan la conectividad en redes inalámbricas. Por último, el trabajo de Shiba et al., 2022 presenta un monitor de espectro compacto para IoT inalámbrico, subrayando la importancia de contar con herramientas de medición adecuadas en diversos entornos inalámbricos. En conjunto, estos trabajos relacionados respaldan y contextualizan la investigación en la creciente demanda de conectividad en diferentes entornos, como los urbanos densos.

En esta investigación se evalúa el estado de la red inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11ac. Para ello, se recopilieron mediciones exhaustivas del espectro radioeléctrico en ambientes interiores de zonas urbanas densas, lo que permite comprender en detalle el comportamiento de las interferencias presentes en las bandas de 2.4 y 5 GHz. Estas mediciones no solo proporcionan una comprensión detallada de las condiciones actuales de la red, sino que también sirven como base para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en algoritmos de predicción que minimicen el censado del espectro. De tal manera que los dispositivos optimicen el acceso a la red y se disminuya el consumo de energía en dispositivos móviles, y a su vez se pueda garantizar la conectividad y una baja latencia en entornos urbanos densos que contribuye a la mejora de la capacidad y el acceso a las redes inalámbricas en escenarios futuros. Un entorno urbano denso es un área con alta concentración de usuarios y dispositivos, mayor interferencia, y desafíos significativos para mantener una cobertura y calidad de servicio óptimas debido a la complejidad del entorno físico y la alta demanda de capacidad de red. Kamel et al., 2016 define el entorno urbano denso cuando el número de puntos de acceso es mayor que el número de usuarios activos.

El despliegue de Wi-Fi 7, también conocido como IEEE 802.11be, presenta una solución innovadora para estos problemas. Wi-Fi 7 introduce características avanzadas como la operación en la banda de 6 GHz, ofrece grandes tasas de datos que pueden llegar a alcanzar los 30 Gbps, entre otras características avanzadas como la conexión multiusuario (MU-MIMO) por medio de técnicas beamforming, mayor ancho de banda por canal, y técnicas de modulación más eficientes (ANRITSU, 2022). Estas mejoras no solo aumentan la velocidad y capacidad de la red, sino que también reducen la interferencia con otros dispositivos, facilitando una conectividad más estable y robusta en entornos urbanos saturados. En este estudio, no se analizan las características técnicas de Wi-Fi 7 dado que en Ecuador la banda de 6 GHz esta designada para sistemas de red fija por satélite acorde al plan nacional de frecuencias, pero se estudia la disponibilidad del espectro que ya se ha asignado en otras partes del mundo (ARCOTEL, 2021).

A medida que las ciudades como Guayaquil continúan creciendo y evolucionando hacia entornos más inteligentes y conectados, es esencial que las infraestructuras de comunicación se mantengan a la par. Las tecnologías emergentes, como Wi-Fi 7, ofrecen un camino prometedor para superar los desafíos actuales y futuros, asegurando que las redes inalámbricas puedan soportar las demandas de una sociedad digital en constante expansión. La investigación y el desarrollo continuos en este campo son cruciales para proporcionar soluciones sostenibles y eficientes.

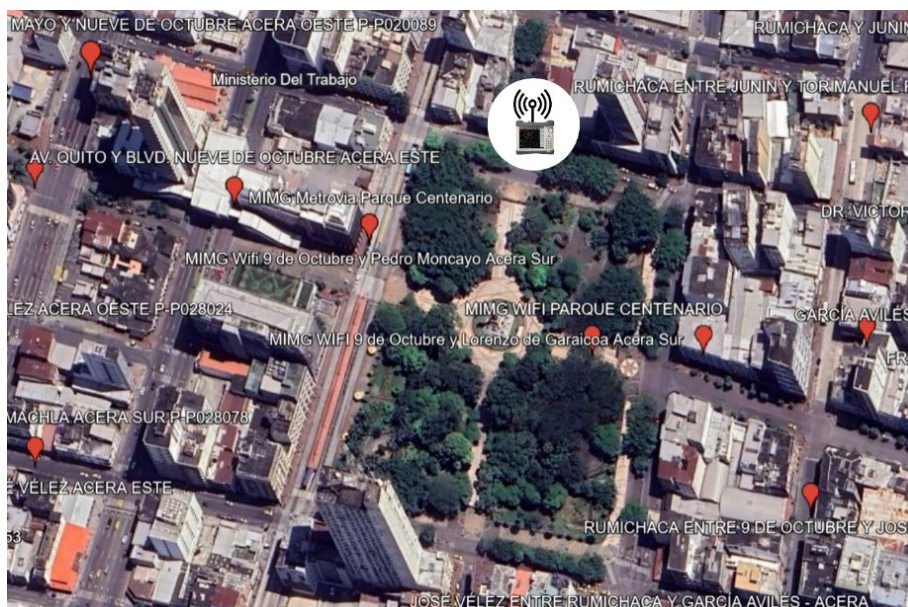
El artículo está organizado como sigue. Sección 2 presenta en detalle el lugar y franja horaria de medición, el montaje de las antenas, y configuración del equipo analizador espectral. En la Sección 3 se procesa la data y se modela estadísticamente la interferencia para las bandas y sus canales. Finalmente, con el modelo de la relación señal-ruido de interferencia, se concluye acerca del estado de la red en la Sección 4.

Materiales y Métodos

Para llevar a cabo la campaña de medición, se seleccionó un departamento en el segundo piso de un edificio situado en el centro de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Esta área urbana se caracteriza por edificios altos y las estructuras densamente agrupadas, también por una alta densidad de puntos de acceso inalámbricos, tanto públicos, provistos por el Municipio de Guayaquil, como privados, pertenecientes a comercios y residencias. Los puntos de acceso distribuidos en la zona de medición operan en las bandas de 2.4 y 5 GHz, proporcionando acceso a internet. La elección de este entorno permite analizar el caso de mayor congestión por condiciones de tráfico e interferencia en redes inalámbricas en un contexto urbano denso, como se muestra en la Figura 1. La gran mayoría de estos puntos de acceso operan bajo el estándar IEEE 802.11ac, que permiten el acceso a la banda de 2.4 o 5 GHz de manera no concurrente, acorde a las características especificadas por el fabricante para el modelo de los equipos que se detectan operativos durante la medición, tanto al interior como en el exterior del edificio.

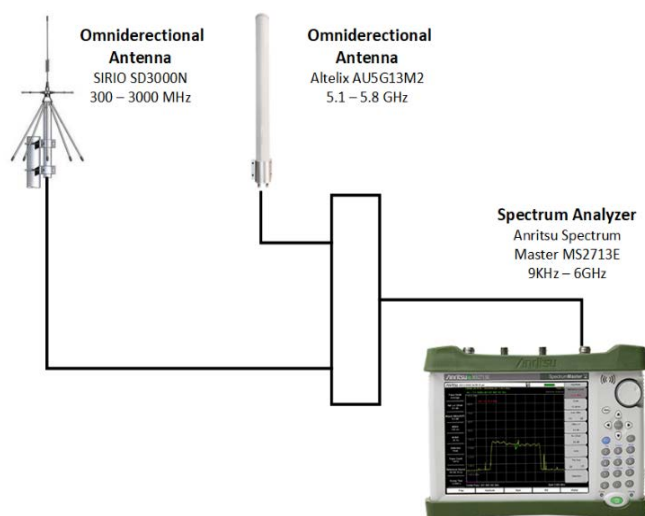
Figura 1

Mapa del sitio de medición



Nota: Los puntos rojos indican la ubicación de los diferentes puntos de acceso que actúan como interferencia en el receptor. Para más información: <https://www.telconet.net/holdingtelconet/wifi>

Para la medición se utilizó un equipo analizador espectral ANRITSU modelo MS2713E, al que se le conectó una antena SIRIO 3000 con una ganancia de 0 dB para realizar mediciones en la banda de 2.4 GHz, y una antena ALTELIX AU5G13M2 con una ganancia de 2.5 dBi para las mediciones en la banda de 5 GHz. Ambas antenas se conectaron al analizador espectral a través de un cable coaxial con una pérdida promedio de 3dB/100 m., asegurando la precisión en la captura de datos (ver Figura 2). Estos equipos se dispusieron en un trípode cerca de la ventana de uno de los departamentos seleccionados para la medición, permitiendo una buena recepción de las señales y minimizando posibles obstrucciones.

Figura 2*Configuración del equipo de medición en el edificio*

Nota: Configuración de las conexiones las antenas con el equipo analizador espectral. La antena SIRIO 3000 es utilizada para realizar las mediciones en la banda de 2.4 GHz, y la antena ALTELIX AU5G13M2 para las mediciones en la banda de 5 GHz.

Se estableció un nivel de referencia a -30 dBm para poder observar las ráfagas de información en la banda de medición con claridad. Esta configuración fue crucial para detectar señales débiles y asegurar la captura de todas las transmisiones relevantes en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. Además, se calibró el nivel de corriente continua (DC) del dispositivo, que permite una operación estable y precisa del equipo. La resolución de ancho de banda (RBW) se ajustó a 300 KHz, lo que permite obtener más muestras por barrido y, en consecuencia, observar el tráfico de alta velocidad con mayor detalle. Esta configuración específica facilitó la detección de todas las ráfagas de subida y bajada de la red, capturando tanto las señales de transmisión como las de recepción, como se describe en detalle en la Tabla 1.

Tabla 1*Parámetro de configuración del equipo de medición*

Parámetro	Símbolo	Valor
Frecuencia de inicio 2.4 GHz	$f_{st,2.4G}$	2401 MHz
Frecuencia de parada 2.4 GHz	$f_{sp,2.4G}$	2473 MHz
Frecuencia de inicio 5 GHz	$f_{st,5G}$	5000 MHz
Frecuencia de parada 5 GHz	$f_{sp,5G}$	6000 MHz
Ancho de banda IF	IF_{BW}	300 kHz
Resolución del ancho de banda	RBW	300 kHz
Ancho de banda de video	VBW	300 kHz
Altura Tx/Rx	h_{Tx}, h_{Rx}	1.6 m
Nivel de referencia	Ref_{lvl}	-30 dBm

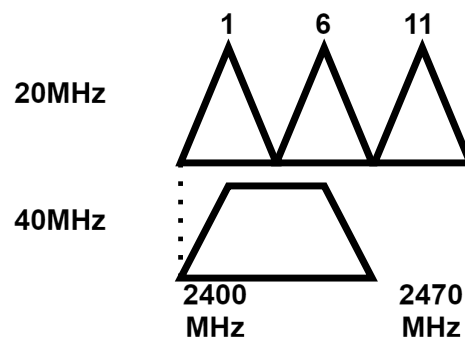
Durante un mes se realizó la campaña de medición en la banda de 2.4 GHz y 5 GHz, se tomaron mediciones desde de 0:00 hasta las 23:59 en el centro de Guayaquil, con estas mediciones se determinó que las horas de mayor tráfico se encontraban entre las 12:00 – 13:00 en el día y entre las 19:00 – 23:00 en la noche. Debido a limitaciones técnicas, se optó por medir el nivel de potencia durante una de las franjas horarias de mayor tráfico en la red, comprendido entre las 12:00 a 13:00 horas. Con lo que se pretende modelar el peor escenario

de interferencia, se destinaron 30 min. para la recolección en la banda de 2.4 GHz y otros 30 min. en la banda de 5 GHz. Para ambos casos, la frecuencia de muestreo es $f_s = 4200$ muestras/s., durante una semana.

Para las mediciones realizadas en la banda Wi-Fi de 2.4 GHz, se consideró su operación desde 2.412 MHz (canal 1) hasta 2.472 MHz (canal 13). Lo que implica tener un canal cada 5 MHz, distribuidos en aproximadamente 70 MHz asignados por regulación del espectro, debido a esto existe solapamiento entre los canales. Otra consideración que se debe tener presente es el hecho de que se puede hacer uso de anchos de canal entre 20 MHz o 40 MHz, como se ve en la Tabla 2, un solo usuario VR avanzado requiere de una tasa de datos de 400 Mbps y una latencia de 20 ms para garantizar la buena experiencia de los usuarios. Por esta razón, se optó analizar únicamente los canales no solapados con anchos de 20 MHz (1, 6, 11) y un canal de 40 MHz (Figura 3).

Figura 3

Distribución de los canales para la banda de 2.4 GHz en el estándar IEEE 802.11ac



Nota: Distribución de los canales no solapados en la banda de 2.4 GHz, con anchos de 20 MHz (1, 6, 11) y canal de 40 MHz.

En cuanto a la banda de 5 GHz, hay 21 canales de 20 MHz que no se encuentran solapados, a diferencia de lo que sucede en la banda de 2.4 GHz, lo que disminuye la interferencia entre canales adyacentes. Esta disposición de canales permite una mayor eficiencia y menor interferencia en la transmisión de datos. Además, esta banda ofrece la posibilidad de utilizar canales extendidos con anchos de banda de 40 MHz, 80 MHz y hasta 160 MHz (Figura 4). Al emplear estos canales más amplios, la diferencia en el rendimiento es notable. Usando el doble o hasta cuatro veces el ancho de banda estándar, se logra hasta una mejora del 50% en la tasa de datos percibida. Esta capacidad de transmisión aumentada es particularmente beneficiosa para aplicaciones que requieren altas velocidades de datos, como la transmisión de video en alta definición y el gaming en línea.

Tabla 2

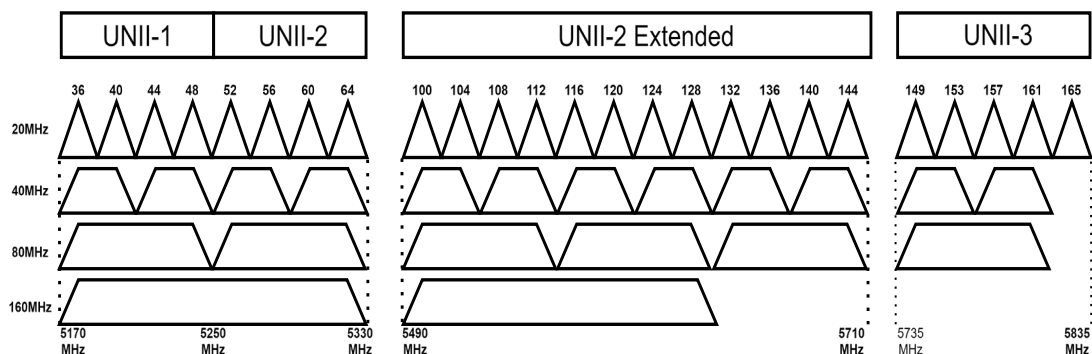
Requerimientos de ancho de banda y latencia para sistemas VR (Wong et al., 2022)

Realidad Virtual	Resolución	Resolución equivalente de TV	Ancho de banda	Latencia
VR Inicial	1K x 1K @ visual field 2D_30fps_8bit_4K	240p	25 Mbps	40 ms
VR Estable	2K x 2K @ visual field 2D_30fps_8bit_8K	SD	100 Mbps	30 ms
VR Avanzado	4K x 4K @ visual field 2D_60fps_10bit_12K	HD	400 Mbps	20 ms
VR Futuro	8K x 8K @ visual field 3D_120fps_12bit_24K	4K	2.35 Gbps	10 ms

Sin embargo, una de las desventajas de la banda de 5 GHz es que presenta áreas de cobertura más pequeñas en comparación con la banda de 2.4 GHz. Esto se debe a la mayor atenuación por propagación en la frecuencia de operación de la banda, lo que implica que las señales se debilitan más rápidamente con la distancia. Como resultado, los dispositivos que operan en esta banda pueden necesitar más puntos de acceso para cubrir la misma área que cubriría un solo punto de acceso en la banda de 2.4 GHz. Esta limitación debe ser considerada al planificar y desplegar redes inalámbricas, especialmente en entornos grandes o con múltiples obstáculos físicos.

Figura 4

Distribución de los canales para la banda de 5 GHz en el estándar IEEE 802.11ac



Nota: Distribución de los canales extendidos en la banda de 5 GHz, con anchos de banda de 40 MHz, 80 MHz, y hasta 160 MHz.

Resultados y Discusión

Para el análisis de los resultados, se procesaron los datos para cada banda aplicando las asignaciones de canales conforme al estándar IEEE 802.11ac en 2.4 GHz y 5 GHz, para los diferentes anchos de canal (20, 40, 80 y 160 MHz) disponibles en la banda. La medición de la banda se realizó de forma concurrente con un analizador de espectro (como se detalla en la Sección Materiales y Métodos) y, posteriormente, se procedió al procesamiento de los datos para los diferentes anchos de canal.

Dado que la variable de interferencia es aleatoria se hace uso de la distribución Kernel (no paramétrica) de la función de densidad de probabilidad (PDF) de una variable aleatoria para poder describir adecuadamente los datos y evitar realizar suposiciones acerca de su distribución.

La distribución Kernel se define mediante una función de suavizado y un valor de ancho de banda, que controlan la suavidad de la curva de densidad resultante (Bowman, 1997). El estimador de densidad del Kernel es la función de probabilidad estimada de una variable aleatoria. Para cualquier valor real de x , la fórmula del está dada por:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right), \quad (1)$$

Donde $x_1, x_2, \dots, x_n$ son muestras aleatorias de una distribución desconocida, n es el tamaño de la muestra, $K(\cdot)$ es el suavizador Kernel y h es el ancho de banda. El estimador Kernel para la función de distribución acumulada (CDF), para cualquier valor real de x está dada por:

$$\hat{F}_h(x) = \int_{-\infty}^x \hat{f}_h(t) dt = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G\left(\frac{x - x_i}{h}\right), \quad (2)$$

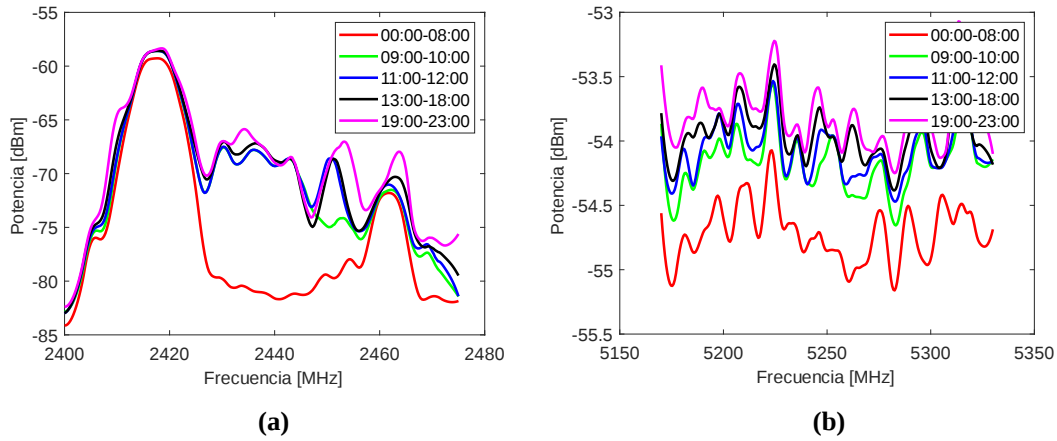
Donde

$$G(x) = \int_{-\infty}^x K(t) dt. \quad (3)$$

Para determinar el comportamiento de uso de la banda de 2.4 GHz en un periodo de 24 horas, se realizó mediciones del tráfico de la red. En la Figura 5 se observa que el mayor congestionamiento sucede en la mañana y el pico máximo se encuentra situado entre las 12h00 y 13h00 del día en cuestión. Con este valor obtenido se puede decir que la banda tiene un nivel de interferencia de -80 dBm mayormente concentrado en el canal 1.

Figura 5

Espectro del promedio de interferencia por horas



Nota: Medición del tráfico de la red por hora en la banda de (a) 2.4 GHz y (b) 5GHz.

Para comprobar que la red de corto alcance opere de tal forma que el usuario no experimente desconexiones o una alta latencia en el enlace físico se modela la interferencia haciendo uso del Kernel en la ec. (1), donde se puede observar los niveles de interferencias presentes en las bandas y la congestión que tienen los canales. Para modelar la relación señal a interferencia más ruido (SINR), se debe calcular la potencia que captaría el dispositivo a una distancia D dentro de un ambiente interior para el caso de línea de vista (LOS) (ec. (4)), y para el caso de que no haya línea de vista (NLOS) (ec. (6)), para ello se hace uso del modelo 3GPP (Merias, 2022) que considera una propagación con consideraciones tridimensionales y los parámetros de distribución para ambiente interiores:

$$PL_{LOS} = 32.4 + 17.3 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c), \quad (3)$$

$$PL_{NLOS} = \max(PL_{LOS}, \overline{PL}_{NLOS}) \quad (4)$$

$$PL_{NLOS} = 38.3 \log_{10}(d_{3D}) + 17.3 + 24.9 \log_{10}(f_c), \quad (6)$$

Donde PL_{LOS} denota la pérdida de trayectoria en la línea de vista de comunicación directa entre el transmisor y el receptor, d_{3D} representa la distancia tridimensional (en metros) entre el transmisor y el receptor de 1 a 150 m., f_c es la frecuencia portadora del equipo transmisor (AP) con un valor de 20 dBm, PL_{NLOS} representa la pérdida de trayectoria sin línea de vista debido a obstáculos en ambientes interiores. El presupuesto del enlace se calcula como se muestra en la ec. (7) para determinar la potencia que recibiría el dispositivo (P_{Rx}) dentro de un área de cobertura en un ambiente interior:

$$P_{Rx} = P_{AP} + G_{Tx} - PL_{indoor} + G_{Rx}, \quad (7)$$

P_{AP} es la potencia de transmisión del AP, G_{Tx} y G_{Rx} son la ganancia de transmisión del AP y la ganancia de recepción del dispositivo receptor, respectivamente, y PL_{indoor} puede ser la pérdida de ruta definida en (4) y (6).

Teniendo en cuenta los niveles de interferencia modelados, y de esta forma haciendo uso de una distribución normal para la potencia que genera el AP, se puede comparar con la distribución de la interferencia y obtener una distribución aproximada del SINR (ec. (8)), que se modela:

$$SINR = \frac{P_{Rx}}{N + \sum_{i=0}^n I_i}, \quad (8)$$

N es el ruido del ambiente, n son las muestras tomadas en la campaña de medición, I_i es la i -ésima interferencia detectada en los puntos de medición. Es crucial identificar las áreas donde las redes inalámbricas pueden sufrir degradación y ofrecer un enlace de baja calidad. basándonos en el análisis del SINR. Como resultado, se puede determinar si las tasas de modulación se ven comprometidas, produciendo que la velocidad de los datos se vea limitada por la interferencia. La Tabla 3 muestra la tasa de datos para diferentes modulaciones y codificación que se puede ofrecer en un entorno con interferencias.

Tabla 3

Tasa de datos por nivel de modulación para el estándar IEEE 802.11ac (WirelessLAN, P., 2023)

MCS	Modulación	Codificación	20 MHz		40 MHz (Mbps)		80MHz (Mbps)		160 MHz (Mbps)	
			Rate (Mbps)	SNR (dB)	Rate (Mbps)	SNR (dB)	Rate (Mbps)	SNR (dB)	Rate (Mbps)	SNR (dB)
0	BPSK	1/2	7.2	2	15	5	32.5	8	65	11
1	QPSK	1/2	14.4	5	30	8	65	11	130	14
2	QPSK	3/4	21.7	9	45	12	97.5	15	195	18
3	16-QAM	1/2	28.9	11	60	14	130	17	260	20
4	16-QAM	3/4	43.3	15	90	18	195	21	390	24
5	64-QAM	2/3	57.8	18	120	21	260	24	520	27
6	64-QAM	3/4	65	20	135	23	292.2	26	585	29
7	64-QAM	5/6	72.2	25	150	28	325	31	650	34
8	256-QAM	3/4	86.7	29	180	32	390	35	780	38
9	256-QAM	5/6	NA	31	200	34	433	37	866.7	40

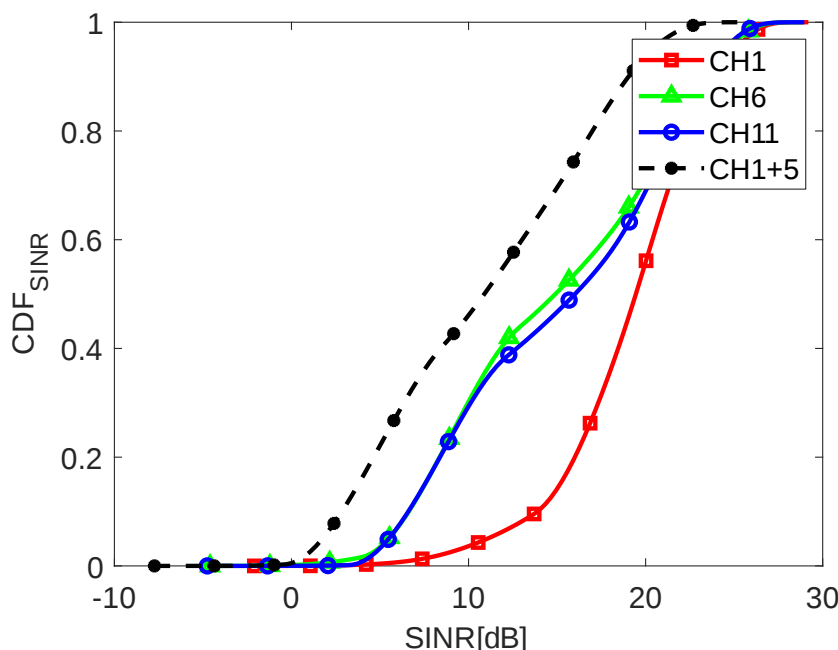
Resultado de las mediciones en 2.4 GHz

En las mediciones realizadas durante el lapso de una semana (lunes a viernes), en las horas de mayor tráfico comprendida entre las 12h00 – 13h00 del día en cuestión, se realizó la captura y modelamiento de la red para toda la banda de 2.4 GHz. En la Figura 6 se muestra la función de distribuciones acumulada (CDF) para la banda de 2.4 GHz, para dos anchos de canal: i) 20 MHz distribuidos desde el canal 1 hasta el 11 (2401 - 2473 MHz), que son los canales disponibles para América Latina; y ii) canales extendidos de 40 MHz. Contrario a lo que se puede apreciar en el estudio del espectro por horas, temporalmente la CDF demuestra que los canales 6 y 11 tiene menos disponibilidad, donde los niveles de relación señal interferencia se encuentran cerca de 10 dB, con un canal de 40 MHz la máxima tasa de datos ofrecida es de 45 Mbps, con una probabilidad de ocurrencia del 50%. Son niveles significativos que degradan la calidad del enlace y reducen las tasas de datos. Para el canal 1 se puede apreciar que la banda se encuentra con niveles alrededor de los 20 dB, con lo cual se alcanzarían tasas de datos de 120 Mbps, que son niveles más manejables para el sistema sin comprometer la experiencia del usuario esperada.

Para el caso de canales extendidos de 40 MHz, se muestra un nivel de relación señal interferencia alrededor de 10 dB para una probabilidad del 40%. Esto limita el canal en los niveles de modulación que puede ofrecer el enlace, lo que presenta que en la banda de 2.4 GHz es muy limitado en capacidad de canal y tasa de datos, por lo que no es una elección para sistema de nueva generación que requieran altas velocidades de transmisión, donde los requerimientos superan los 2 Gbps, para los sistemas de realidad aumentada AR/VR (ver Tabla 2) que están tomando relevancia, no solo en la industria de los video juegos, sino también en aplicaciones relacionadas con la quinta revolución industrial (Profesional, 2023).

Figura 6

Distribución de probabilidad acumulada del SINR en la banda 2.4 GHz



Nota: Función de distribución acumulada del SINR en la banda de 2.4 GHz para los anchos de canal de 20 MHz distribuidos desde el canal 1 hasta el 11, y canales extendidos de 40 MHz.

Resultados de las mediciones en 5 GHz

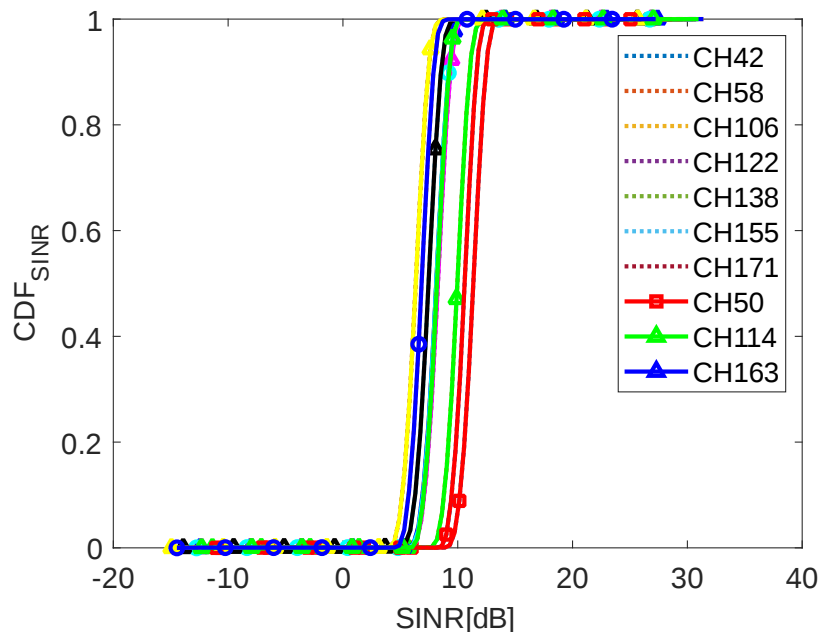
En el caso de la banda de 5 GHz, a diferencia de la banda de 2.4 GHz, los canales de 20 MHz no se superponen y se dividen en tres bandas denominadas como Unlicensed National Information Infrastructure UNII-(1,2,3) (ver Figura 4). Para los canales de 20 y 40 MHz la disponibilidad está sometida a altos niveles de interferencia superiores a los -50 dBm. Es por ello, que analizaremos los canales de 80 MHz y 160 MHz (Figura 7), que al tener más disponibilidad de espectro el efecto de la interferencia se distribuye en todo el ancho de banda.

Para el caso de los canales con ancho de banda de 80 y 160 MHz, se muestra un nivel de relación señal interferencia de 10 dB con lo que un canal de 160MHz podría alcanzar una tasa de datos de 65 Mbps, con una probabilidad acumulada del 60%, lo que ocasiona un aumento en la latencia del sistema debido a la colisión de los usuarios por los tiempos de acceso más cortos que provoca que no puedan acceder al canal, en consecuencia, la calidad de servicio que se experimenta en la banda no satisface a los requerimientos de los usuarios modernos. Entre los cuales se puede ejemplificar el video en alta definición, streaming, y juegos en línea, que generan una demanda creciente de ancho de banda. Esto lleva a una mayor utilización de los canales más amplios, como los son de 80 y 160 MHz, con el fin de satisfacer estas necesidades de rendimiento, aunque es mínimo debido a los altos niveles de interferencia.

Esto evidencia que, en áreas urbanas densamente pobladas, como lo es el centro de la ciudad de Guayaquil, la densidad de redes Wi-Fi es significativamente alta. La falta de canales disponibles lleva a que múltiples redes compartan los mismos canales, dando lugar a una competencia por el espectro de frecuencia y, como resultado, a una interferencia co-canal. En última instancia, la saturación de los canales se traduce en latencia elevada y conexiones inestables. Los usuarios pueden experimentar conexiones más lentas y dificultades para mantener una comunicación con su propio AP.

Figura 7

Distribución de probabilidad acumulada del SINR en la banda 5 GHz



Nota: Función de distribución acumulada del SINR en la banda de 5 GHz para diferentes canales con ancho de banda de 80 y 160 MHz.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas en las bandas de 2.4 y 5 GHz indican una marcada diferencia en cuanto a la disponibilidad de canales y la congestión del espectro que no se podría extrapolar a escenarios fuera de Guayaquil dada la escasa cantidad de puntos de medición ejecutados. La banda de 2.4 GHz presenta un alto tráfico debido a que muchos dispositivos activos no disponen de receptores para la banda de 5 GHz. Esta banda, a menudo saturada, es utilizada por dispositivos de baja a media capacidad, como cámaras de seguridad, routers domésticos, y electrodomésticos inteligentes. Además, los dispositivos que utilizan esta banda suelen emplearse en aplicaciones de alta velocidad, como el Cloud Gaming y la transmisión de video en alta resolución, lo cual incrementa aún más la congestión y reduce la tasa de datos a una velocidad de 120Mbps, debido a los niveles de interferencia.

Por otro lado, como se vio en la Figura 7, la banda de 5 GHz muestra una congestión notable en todos sus canales, lo cual puede atribuirse a la creciente demanda de dispositivos que soportan el estándar IEEE 802.11ac. Esta banda es crucial para aplicaciones que requieren un alto ancho de banda y menor latencia, como videoconferencias en alta definición, streaming 4K, y entornos de trabajo colaborativo en línea dado que en condiciones ideales no podría ofrecer un enlace de 866.7 Mbps, pero debido a la alta interferencia solo se puede aprovechar una mínima tasa de datos de 65 Mbps. A medida que más dispositivos adopten el estándar 802.11ac, la necesidad del uso de nuevas tecnologías como el IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6), se espera que esta banda enfrente una mayor demanda, lo que da paso al desarrollo de algoritmos de radio cognitiva que aprovechen mejor el uso del espectro para evitar futuros problemas de congestión a través de una gestión dinámica del espectro.

Uno de los aspectos más relevantes a futuro de esta investigación es su potencial impacto en la viabilidad de servicios AR/VR en entornos interiores, dado que estos sistemas estarán presentes en aplicaciones industriales, vehiculares y de ocio como una herramienta para la expansión a las limitaciones físicas que tienen las pantallas. Con los datos recopilados, se podrá modelar la capacidad del canal y determinar si es factible ofrecer servicios de calidad bajo estas condiciones. La realidad aumentada y virtual requiere una conexión de alta velocidad y baja latencia para proporcionar una experiencia de usuario satisfactoria. Este modelamiento permitirá estimar los requisitos necesarios para brindar un servicio AR/VR confiable y sentará las bases para futuras investigaciones en este campo. Además, se podrán desarrollar estrategias de minimización de interferencias por medio de modelos de Machine Learning que permita predecir la disponibilidad de los canales sin tener que censarlos previamente, de tal manera que se asegure la calidad de los servicios AR/VR en entornos urbanos densos, marcando un avance significativo hacia la conectividad del futuro.

Reconocimientos

Los autores agradecen a la Escuela Superior Politécnica del Litoral y al Departamento de Investigación por el apoyo a través del proyecto de investigación denominado "Análisis de los niveles de ruido e interferencia en la banda ISM y evaluación de desempeño para sistemas de telecomunicaciones de corto y largo alcance, en zonas rurales y urbanas para la aplicabilidad de la banda no licenciada de 6GHz en Ecuador".

Referencias

ARCOTEL, Cuentas-internet-fijos-y-moviles_Mar-2024, Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones: <https://www.arcotel.gob.ec/abonados-y-usuarios/>

- Bowman, A. W. (1997). Applied Smoothing Techniques for Data Analysis: The Kernel Approach with S-Plus Illustrations. *Oxford Statistical Science Series*, Oxford University Press, USA.
<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=b965cb23260018d7d1fa99bc9d87035d>
- Chounos, K., Karamichailidis, P., Makris, N., Korakis, T. (2022). Unlicensed spectrum forecasting: An interference umbrella based on channel analysis and machine learning. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering* 9(5), 3421–3436. <https://doi.org/10.1109/TNSE.2022.3180171>
- Hou, Y., Webber, J., Yano, K., Kawasaki, S., Denno, S., Suzuki, Y. (2021). Modeling and predictability analysis on channel spectrum status over heavy wireless lan traffic environment. *IEEE Access* 9, 85795–85812. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3088123>
- Kanellopoulos, D., Sharma, V.K., Panagiotakopoulos, T., Kameas, A. (2023). Networking architectures and protocols for IoT applications in smart cities: Recent developments and perspectives. *Electronics* 12(11). <https://doi.org/10.3390/electronics12112490>
- Lopez-Perez, D., Garcia-Rodriguez, A., Galati-Giordano, L., Kasslin, M., Doppler, K. (2019). IEEE 802.11be extremely high throughput: The next generation of Wi-Fi technology beyond 802.11ax. *IEEE Communications Magazine* 57(9), 113–119. <https://doi.org/10.1109/MCOM.001.1900338>
- M. Kamel, W. Hamouda and A. Youssef, "Ultra-Dense Networks: A Survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 4, pp. 2522-2545, Fourthquarter 2016, <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2571730>.
- Merias, P. (2022). Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz. *Tech. rep.*, 3GPP.
- O'Brien, W., Penica, M., Hayes, M., O'Connell, E. (2023). Capacity analysis: The potential of the wireless factory of the future. *34th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*. pp. 1–5.
<https://doi.org/10.1109/ISSC59246.2023.10162059>
- Shiba, T., Furuichi, T., Akimoto, K., Motoyoshi, M., Kameda, S., Suematsu, N. (2022). Real-time wideband spectrum monitor using multiple sampling frequency direct RF undersampling for wireless IoT. *51st European Microwave Conference (EuMC)*. pp. 725–728.
<https://doi.org/10.23919/EuMC50147.2022.9784290>
- Su, Z., Pahlavan, K., Islam, B. (2023). An empirical study of interference features in licensed and unlicensed bands for intelligent spectrum management. *IEEE 24th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*. pp. 252–260.
<https://doi.org/10.1109/WoWMoM57956.2023.00040>
- Wang, J., Zhong, X., Zhou, S. (2023). Channel allocation algorithm of Wi-Fi. *International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*. pp. 677–682.
<https://doi.org/10.1109/ICNC57223.2023.10074461>
- Wang, X., Huang, J., Shi, B., Ou, Z., Luo, G., Kong, L., Zhang, D., Xu, C. (2023). RF-sifter: Sifting signals at layer-0.5 to mitigate wideband cross-technology interference for IoT. *Proceedings of the 29th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. MobiCom '23*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3570361.3592513>
- WirelessLAN, P. (2023). MCS Table and How to use it. *WirelessLAN Professional*.
- Wong ES, Wahab NHA, Saeed F, Alharbi N. 360-Degree Video Bandwidth Reduction: Technique and Approaches Comprehensive Review. *Applied Sciences*. 2022; 12(15):7581.
<https://doi.org/10.3390/app12157581>
- Zhang, L., Wei, Z., Wang, L., Yuan, X., Wu, H., Xu, W. (2023). Spectrum sharing in the sky and space: A survey. *Sensors* 23(1). <https://doi.org/10.3390/s23010342>

**Ciencias de la
Computación
e Inteligencia
Artificial /
Computer
Science &
Artificial
Intelligence**



RTE

Estudio comparativo de los paradigmas de programación orientada a objetos y programación reactiva en la resolución de Integrales Algebraicas

Comparative study of object-oriented programming and reactive programming paradigms in solving Algebraic Integrals

Pedro Stalyn Aguilar Encarnación¹ <https://orcid.org/0009-0005-1664-2280>,

Jessenia Paola Castillo¹ <https://orcid.org/0009-0009-5649-6862>, Harold Jair Carreño¹

<https://orcid.org/0009-0004-9268-1524>, Michael Estefania Jativa Brito¹ <https://orcid.org/0000-0002-6394-2586>

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Orellana, Ecuador

pedro.aguilar@esPOCH.edu.ec, jessenia.castillo@esPOCH.edu.ec,
harold.carrenio@esPOCH.edu.ec, usuario-4@correo.com



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/04/19

Aceptado: 2024/06/25

Publicado: 2024/06/30

Resumen

Esta investigación evalúa el rendimiento en términos de tiempos de ejecución en la resolución de integrales algebraicas utilizando tanto el paradigma de la programación orientada a objetos (POO) como la programación reactiva (PR). El problema que se aborda es la escasez de evidencia científica que permita determinar qué paradigma ofrece mejores resultados tiempos de ejecución en la resolución de estas integrales. El enfoque del estudio implicó la implementación de dos versiones en Java, cada una construida siguiendo los principios de los paradigmas mencionados. Posteriormente, a través de escenarios experimentales controlados y métodos integrados de Java se midió el tiempo de ejecución de cada aplicación. Los resultados revelaron que la programación reactiva demuestra una mayor eficiencia en términos de rendimiento. Esta investigación se centró en la resolución de integrales algebraicas lineales y polinomiales y señala la necesidad de llevar a cabo investigaciones más exhaustivas en este campo. En conclusión, el estudio muestra que la programación reactiva supera significativamente a la programación orientada a objetos, demostrando tiempos de ejecución notablemente inferiores.

Palabras clave: Integrales algebraicas, Java, Programación orientada a objetos, Programación reactiva, Tiempo de ejecución.

Sumario: Introducción, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones.

Como citar: Aguilar, P., Castillo, P., Carreño, H. & Jativa, M. (2024). Estudio comparativo de los paradigmas de programación orientada a objetos y programación reactiva en la resolución de Integrales Algebraicas. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 58-67.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1163>

Abstract

The article evaluates the performance in terms of execution times in solving algebraic integrals using both the object-oriented programming (OOP) and reactive programming (RP) paradigms. The problem addressed is the lack of scientific evidence that allows us to determine which paradigm offers the best results in terms of execution times in solving these integrals. The approach of the study involves the implementation of two versions in Java, each built following the principles of the aforementioned paradigms. Subsequently, through controlled experimental scenarios and integrated Java methods, the execution time of each application is measured. The results reveal that reactive programming demonstrates greater efficiency in terms of performance. This research focuses on the resolution of linear and polynomial algebraic integrals and points out the need for more extensive research in this field. In conclusion, the study shows that reactive programming significantly outperforms object-oriented programming, demonstrating notably lower execution times.

Keywords: Algebraic integrals, Java, Object-oriented programming, Reactive programming, Runtime evaluation.

Introducción

Los paradigmas de programación juegan un papel crucial en la forma en que los desarrolladores abordan los problemas y diseñan soluciones. Dos de estos paradigmas, la programación reactiva y la programación orientada a objetos, destacan como enfoques distintos con sus propias filosofías y metodologías. La programación reactiva (PR) emerge como una solución dinámica y orientada a eventos, diseñada para abordar las complejidades de las aplicaciones basadas en eventos, mientras que la programación orientada a objetos (POO) se centra en la creación de entidades, que combinan estados y comportamientos relacionados entre sí. Comparar estos dos enfoques ofrece una visión esclarecedora de sus fortalezas, limitaciones y áreas de aplicación, permitiendo a los desarrolladores elegir la herramienta adecuada para cada tarea específica.

La programación orientada a objetos y programación reactiva, han realizado aportes significativos en el área de investigación de la Ingeniería de Software. Estos avances han permitido mejorar la eficiencia y flexibilidad de los recursos empleados para resolver integrales algebraicas, pero aún queda por analizar cómo el rendimiento de las aplicaciones que resuelven esta clase de problemas matemáticos puede variar significativamente en función del paradigma de programación mediante el cual fueron construidos (Galindo et al., 2023).

Ante este antecedente, esta investigación se enfoca en analizar los paradigmas expuestos en el ámbito de las integrales algebraicas, de esta forma, se determina aspectos clave que actúan como un papel crucial en la ingeniería de software y las matemáticas (Budnikova & Bulatov, 2012). En el marco de este estudio, se plantea el problema de investigación en dos preguntas:

1. ¿Qué paradigma de programación ofrece mejores resultados en términos de tiempo de ejecución?
2. ¿Existe una diferencia significativa en el tiempo de ejecución cuando se utilizan los paradigmas de POO y PR para resolver integrales algebraicas en Java?

En ese contexto, se implementó dos aplicaciones de *software* una de forma estructurada organizada y modular, bajo el paradigma orientado a objetos, y otra que contiene la capacidad de manejar eventos y cambios de manera eficiente, basada en programación reactiva (Mosteo, 2020), a fin de evaluar el rendimiento en función del tiempo de ejecución (Maina et al., 2022).

La metodología utilizada en el desarrollo de la investigación fue la Ciencia del Diseño y se empleó técnicas de recolección de datos al realizar pruebas en ambos paradigmas y métodos de análisis específicos como la media aritmética, lo que facilitó la evaluación para determinar el tiempo de ejecución de cada enfoque, permitiendo una comparación detallada de su rendimiento en función del tiempo (Xihui Zhang et al., 2020). Cabe señalar que se integró el uso de métodos propios de Java, para obtener el tiempo de ejecución de las aplicaciones. De esta manera, se espera que los resultados proporcionen evidencia clara sobre las diferencias en el rendimiento entre la programación orientada a objetos y la programación reactiva (Peñuela et al., 2021).

La estructura propuesta para el artículo incluye las siguientes secciones: Introducción: presentación del tema, relevancia y preguntas de investigación; Metodología: diseño del estudio y métodos utilizados para recopilar y analizar los datos; Resultados: presentación y análisis de los resultados; Discusión: comparación de los hallazgos obtenidos con los de otros investigadores; Conclusiones: resumen de los hallazgos clave, implicaciones prácticas y posibles direcciones futuras de investigación.

Metodología

En esta investigación, se implementó el mismo algoritmo para cada paradigma, permitiendo la evaluación comparativa de sus resultados en términos de tiempos de ejecución (Ortin et al., 2023); además, se adoptó la metodología de la Ciencia del Diseño, que abarca el ciclo de relevancia, diseño y rigor, fortaleciendo así la validez y la robustez del estudio.

Ciclo de relevancia

Esta etapa comprende la necesidad de analizar la resolución de integrales algebraicas bajo el paradigma de programación orientada a objetos y la programación reactiva. Para ello, se realizó una exhaustiva revisión de artículos especializados que abordan las temáticas mencionadas. Las variables identificadas para este estudio incluyeron; la variable independiente, representada por el software desarrollado, y la variable dependiente, que se centró en el rendimiento del programa en relación con el tiempo de ejecución. Además, se determinó las preguntas de investigación descritas en el apartado de la introducción, los requisitos de diseño y del artefacto de software a construir.

Ciclo de diseño

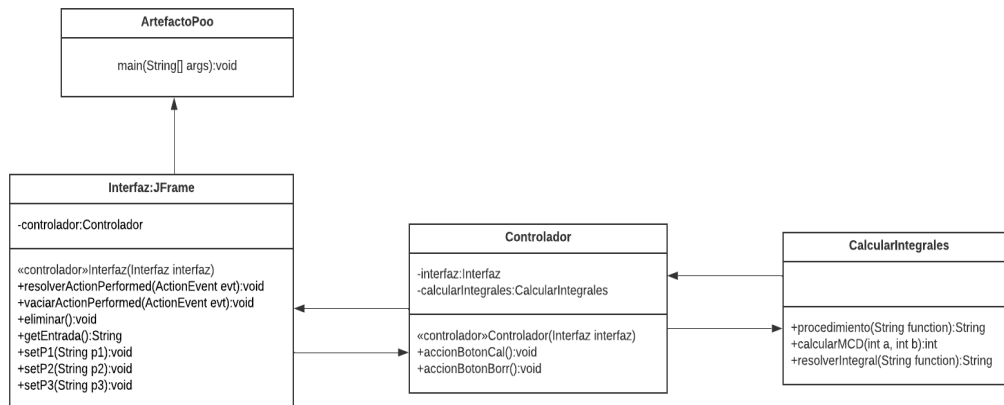
Esta etapa contempló la elaboración de las dos versiones del artefacto de *software*. Para ello, se establecieron los diseños mediante la utilización del lenguaje de modelado unificado, como una herramienta visual para modelar la estructura del sistema, proporcionando una representación clara de las clases.

Para la creación del artefacto de *software* bajo el paradigma de programación orientada a objetos, se inició con el diseño visual de la estructura Modelo-Vista-Controlador (MVC). En esta fase inicial, se detallaron las clases y responsabilidades asociadas a modelos, vistas y controladores, lo que facilitó una creación estructurada y eficiente del *software*. Respecto al diseño del artefacto bajo este enfoque, se elaboró una representación gráfica de la estructura y el comportamiento del *software*, como se muestra en la Figura 1.

La creación del artefacto en programación reactiva se hizo usando el patrón Observer, el cual desempeñó un papel fundamental al establecer una comunicación efectiva entre los diversos elementos del artefacto, permitiendo una sincronización fluida y actualizaciones oportunas.

Figura 1

Diagrama de Lenguaje de Modelado Unificado con enfoque Orientado a Objetos



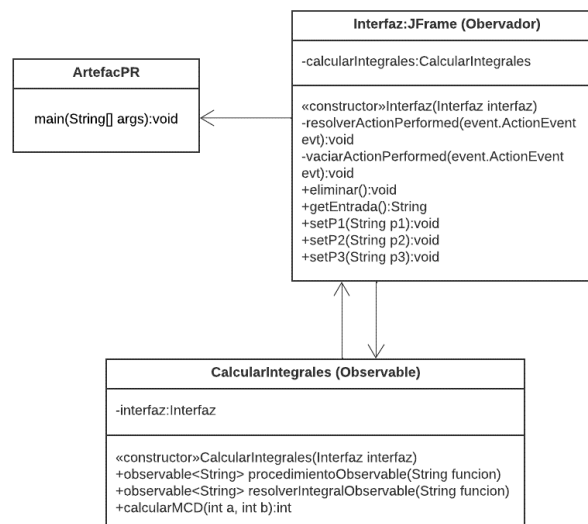
La implementación de estos artefactos empleó tecnologías específicas, optando por Java como lenguaje de programación y utilizando un entorno de desarrollo integrado como NetBeans. La implementación de las dos versiones de *software* se llevó a cabo en los dos paradigmas siguiendo el diseño propuesto.

Los escenarios experimentales se definieron de forma coherente para ambos artefactos, asegurando así la utilización de casos de integrales algebraicas comparables en los artefactos construidos. Esto incluyó la realización de tres pruebas de integrales lineales y otras tres pruebas en integrales polinomiales. Además, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para determinar el tiempo de ejecución. En este proceso, se empleó el método nanotime de Java, conocido por su precisión en la medición del tiempo, lo que garantizó una evaluación detallada y confiable del rendimiento de cada artefacto (Qiu et al., 2016).

La Figura 2 evidencia claramente la aplicación del patrón en mención en la estructura del artefacto. La implementación de estos artefactos empleó tecnologías específicas, optando por Java como lenguaje de programación y utilizando un entorno de desarrollo integrado como NetBeans. La puesta en marcha de las dos versiones de *software* se llevó a cabo en los dos paradigmas siguiendo el diseño propuesto.

Figura 2

Diagrama de Lenguaje de Modelado Unificado con enfoque Reactivo



Después de recopilar los datos, se utilizó la media aritmética como medida central, a fin de facilitar la comprensión del rendimiento promedio en cada enfoque. Estas pruebas, ejecutadas con una herramienta de medición específica, permitieron comparar y determinar qué paradigma mostró mejor rendimiento en la resolución de integrales algebraicas. Cabe mencionar que los tiempos de ejecución se determinaron en nanosegundos; sin embargo, a fin de ofrecer un mejor entendimiento de los resultados fueron convertidos a milisegundos.

Ciclo de rigor

Los datos efectivos recopilados en estas pruebas no solo arrojaron conclusiones sobre qué enfoque resultó más eficiente en la resolución de integrales algebraicas, sino que también contribuyeron al rigor científico y ético del proyecto al proporcionar evidencia empírica respaldada; sin embargo, es importante destacar que una de las limitaciones significativas del estudio fue su enfoque exclusivo en integrales algebraicas lineales y polinomiales, lo que restringió la generalización de los resultados a otros tipos de integrales algebraicas más complejas. A pesar de esta limitación, se establecieron prácticas y protocolos rigurosos desde la fase inicial de revisión de literatura hasta la presentación de resultados, con el fin de facilitar a otros investigadores la replicación exitosa del proyecto. Esta meticulosa atención a los detalles no solo promueve la transparencia y la reproducibilidad en la investigación, sino que también facilita la comparación y validación de los resultados por parte de otros investigadores interesados en el tema, fortaleciendo así la robustez y la confiabilidad del estudio en su conjunto. Se implementaron prácticas y protocolos rigurosos desde la fase inicial de revisión de literatura hasta la presentación de resultados, con el objetivo de facilitar la replicación exitosa de este proyecto en otros estudios, así como la evaluación y validación de los resultados por parte de otros investigadores interesados en el tema.

Background

Programación Orientada a Objetos

La programación orientada a objetos (OOP) constituye una metodología empleada para la modelación y el diseño de sistemas de *software*, en la cual se incorporan los principios fundamentales de encapsulación, abstracción, herencia y polimorfismo. Estos conceptos se rigen por un conjunto de principios establecidos conocidos como principios de diseño. En la programación orientada a objetos, el objetivo es desarrollar fragmentos de código reutilizables y de fácil mantenimiento que puedan llevar a cabo tareas complejas mediante la colaboración entre ellos; sin embargo, la estructura de un programa orientado a objetos difiere significativamente de la de un programa equivalente escrito con otro paradigma de programación. Aunque no existe una definición única y universalmente aceptada de programación orientada a objetos, hay conceptos fundamentales presentes en la mayoría de las definiciones de este paradigma (Zotos, 2007).

La programación orientada a objetos se aplica mediante la creación de clases que representan conceptos como integrales indefinidas, con atributos como la función a integrar y métodos para el cálculo; además, la encapsulación permite ocultar detalles internos, la herencia posibilita la creación de clases especializadas, y el polimorfismo facilita la interoperabilidad para resolver problemas relacionados con cálculos integrales (Singh et al., 2021).

Programación Reactiva

El paradigma de programación reactiva se ha propuesto como una solución idónea para desarrollar aplicaciones centradas en eventos. Aborda los desafíos inherentes a estas aplicaciones al ofrecer abstracciones que permiten expresar programas como reacciones a eventos externos; además, automatiza la gestión del flujo de tiempo y las dependencias de datos y cálculos, liberando a los programadores de la preocupación por el orden de los eventos y las

dependencias de cálculo. Este enfoque se basa en el paradigma de programación de flujo de datos síncrono, introduciendo conceptos como comportamientos para valores continuos y eventos para valores discretos. Además, permite la flexibilidad de la estructura del flujo de datos y admite flujos de datos de orden superior. Las investigaciones en torno a este paradigma de programación se han centrado en la facilitación de la construcción de gráficos y aplicaciones interactivas, y ha dado lugar al desarrollo de numerosas bibliotecas y extensiones para diversos lenguajes de programación; además de estos campos, la programación reactiva también encuentra aplicación en áreas como el modelado y la simulación, la visión por computadora y la iluminación escénica (Bainomugisha et al., 2013).

La programación reactiva implica la utilización de un paradigma de programación que se centra en la propagación automática de cambios. Este enfoque resulta beneficioso al tratar con múltiples variables y funciones interdependientes en el cálculo de integrales. Al adoptar la programación reactiva, se logra una gestión dinámica eficiente de las relaciones algebraicas, permitiendo que los cambios en una variable o función se propaguen automáticamente a través de las dependencias, actualizando de manera automática las demás variables y funciones afectadas. Este enfoque reactivo resulta particularmente útil para mejorar la eficiencia y la flexibilidad en situaciones donde las variables pueden cambiar en tiempo real (Wan & Hudak, 2000).

Integrales Algebraicas

Las integrales algebraicas, al abordar funciones polinomiales y lineales, se enfocan en calcular antiderivadas para expresiones matemáticas que combinan términos mediante operaciones algebraicas básicas (Jeffrey, 2004). La aplicación de técnicas específicas, como la regla de potencias y la regla de linealidad, facilitó significativamente la resolución de estas integrales. Este enfoque es esencial en la teoría de integrales, una rama fundamental del cálculo que proporciona herramientas matemáticas poderosas para comprender y analizar una amplia gama de fenómenos (Cai & Li, 2020); además, las integrales algebraicas tienen aplicaciones prácticas en diversas áreas, como la física, la ingeniería, la economía y la estadística, donde se utilizan para modelar y resolver problemas del mundo real; por otro lado, el estudio de las integrales algebraicas no solo proporciona soluciones numéricas, sino también una comprensión profunda de la relación entre la función original y su derivada, lo que resulta crucial en la comprensión de los procesos de cambio y acumulación en diferentes contextos.

Modelado de Lenguaje Unificado

El modelado Lenguaje de modelado Unificado (UML, por sus siglas en inglés) fue una notación estándar utilizada en el desarrollo de software para diseñar y documentar los artefactos de un sistema. Cuando se trabajaba con un programa en Java y se seguía el paradigma de programación orientada a objetos, el modelado UML era una herramienta valiosa para planificar, diseñar y comunicar la estructura y su comportamiento (Ozkaya & Erata, 2020).

Resultados

Los resultados de esta investigación se realizaron a través de dos fases fundamentales. En la primera etapa, se emprendió la creación de los artefactos de *software*. Posteriormente, en la segunda fase, se llevaron a cabo mediciones para obtener los tiempos de ejecución asociados al artefacto de software en ambos paradigmas.

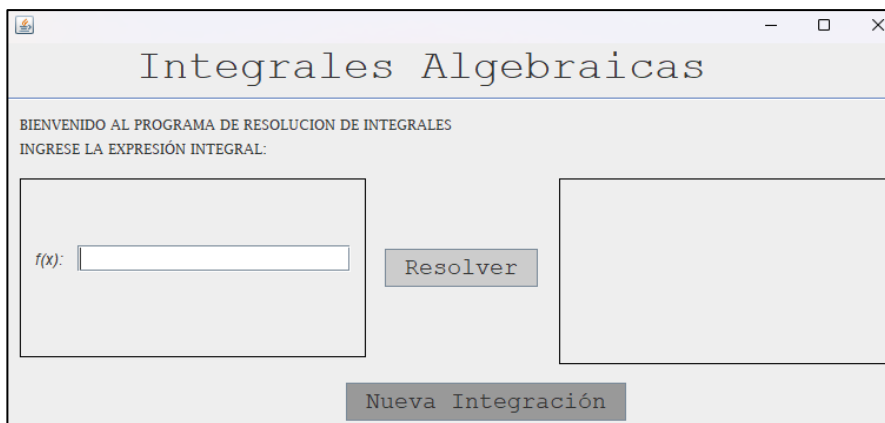
Artefactos de Software

Los resultados de los artefactos de *software* son el producto de un proceso riguroso de diseño, implementación y evaluación. Cabe mencionar que, a fin de no inferir en la obtención de los tiempos de ejecución y ofrecer una visión clara del rendimiento en cada enfoque de

programación, se determinó un interfaz en iguales circunstancias para los dos paradigmas propuestos. La Figura 3 muestra la interfaz utilizada en la construcción de los dos artefactos de *software* construidos.

Figura 3

Interfaz de la aplicación de software



Tiempos de Ejecución

El tiempo de ejecución abarca el lapso completo que un programa o proceso requiere para su finalización, desde el inicio de su ejecución hasta su conclusión, y engloba todas las tareas de inicialización y procesamiento. En este estudio, se realizó una exhaustiva recopilación de los tiempos de ejecución asociados a los artefactos de *software* en ambos paradigmas. Para ello, se emplearon los mismos conjuntos de ejercicios matemáticos en ambos casos, lo que proporcionó una base sólida para la comparación. Los datos recopilados se presentan de manera clara y concisa en la Tabla 1, lo que facilitó su interpretación y permitió un análisis detallado de los dos paradigmas utilizados; además de proporcionar información sobre el rendimiento de los artefactos, esta comparación ofrece una visión más amplia de las fortalezas y debilidades de cada paradigma en términos de tiempo de ejecución.

Tabla 1

Tiempo de Ejecución

NO.	INTEGRAL	TIEMPO EN NANOSEGUNDO PROGRAMACIÓN ORIENTADO A OBJETOS	TIEMPO EN NANOSEGUNDO PROGRAMACIÓN REACTIVA
1	$2x^3 + 2x - 2$	128400	28400
2	$3x - 2x^2$	218100	15700
3	$2x^4 + 7x^3 - 9$	232400	29700
4	$\frac{3x}{4} + 2$	196600	17800
5	$4x^5 - 2x^3 + 6$	207700	18400
6	$\frac{7}{5x} + 3$	159200	24400

El cálculo del promedio mediante la media aritmética se realizó para proporcionar una medida representativa de la POO y PR de los tiempos de ejecución (Tabla 2). Este proceso implicó sumar los tiempos de ejecución individuales de cada prueba para cada paradigma.

Tabla 2

Suma de tiempos de ejecución de acuerdo al número de prueba

	1	2	3	4	5	6	TIEMPO EN NANOSEGUNDOS
POO	128400	218100	232400	196600	207700	159200	1142400
PR	28400	15700	29700	17800	18400	24400	134400

Luego se dividió la suma total por el número de pruebas realizadas para obtener el promedio y dado que los tiempos de ejecución se registraron en nanosegundos, se realizó una conversión a milisegundos (Tabla 3).

Tabla 3

Promedio Total de tiempos de ejecución por paradigma de programación

PARADIGMA	CÁLCULO DEL PROMEDIO	TOTAL, EN NANOSEGUNDOS	TOTAL, EN MILISEGUNDOS
PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS	1142400/6	190400	0.1904
PROGRAMACIÓN REACTIVA	134400/6	22400	0.0224

Discusión

En el desarrollo del programa para resolver integrales algebraicas en Java, se compararon la Programación Orientada a Objetos y la Programación Reactiva en términos de tiempo de ejecución. Se encontró que la programación reactiva era más eficiente en tiempo de ejecución que la orientada a objetos, lo cual coincide con la creciente evidencia de su ventaja en la gestión eficiente de eventos y flujos de datos. El hecho de que la programación reactiva haya demostrado ser más eficiente en términos de tiempo de ejecución, una metodología más rigurosa no solo fortalecería la validez de los resultados presentados, sino que también facilitaría la replicación por parte de otros investigadores, fomentando así un avance más sólido en la comprensión de los enfoques de programación en la resolución de problemas matemáticos (Gomez-Gasquet & Diaz-Madronero, 2014).

La PR se ha aplicado en proyectos de construcción para ayudar en la toma de decisiones frente a retrasos, generando nuevos cronogramas y presupuestos asociados. Se han desarrollado métodos dentro de la estrategia de reprogramación reactiva, como la reprogramación total y parcial, que actualizan programas existentes para adaptarse a cambios durante la ejecución del proyecto (Garrido & Carrillo, 2013).

Conclusiones

En el desarrollo de este estudio, se lograron alcanzar los objetivos propuestos, que consistían en evaluar el tiempo de ejecución de dos enfoques para resolver integrales algebraicas mediante programación orientada a objetos y programación reactiva en Java. Los resultados indican que la implementación del paradigma de programación reactiva ofrece un

rendimiento superior, logrando resultados en un tiempo menor en comparación con el enfoque basado en POO.

Los resultados confirman que la programación reactiva es más eficiente que la orientada a objetos; sin embargo, se identifican limitaciones en el enfoque basado en POO, revelando un rendimiento menos eficiente en este contexto específico; también, la investigación exhaustiva de artículos relevantes y la implementación práctica del programa permiten analizar de manera concluyente los tiempos de ejecución, demostrando la superioridad de la programación reactiva en este escenario específico.

La interpretación de los hallazgos sugiere que, al utilizar la programación reactiva, se pudieron lograr mejoras significativas en el rendimiento del programa para la resolución de integrales algebraicas. La capacidad de ejecución inherentes a este enfoque proporciona una ventaja clara en comparación con la programación orientada a objetos en este contexto específico.

Los resultados contribuyen al destacar las diferencias de rendimiento entre estos enfoques en el ámbito específico de la resolución de integrales algebraicas y también aporta para tomar una decisión sobre qué paradigma utilizar para la resolución de integrales algebraicas. Al igual, la literatura respalda la noción de que la programación reactiva, al proporcionar un modelo de ejecución asincrónica y basada en eventos, puede conducir a una mayor capacidad de ejecución y tiempos de ejecución eficientes. En este caso, la evidencia respalda la idea de que adoptar la programación reactiva podía ser beneficiosa en cuanto a eficiencia temporal.

A pesar de los logros alcanzados en este estudio, es crucial reconocer y ser transparente acerca de las limitaciones inherentes al diseño y ejecución de la investigación. Una limitación potencial fue el enfoque en integrales algebraicas lineales y polinomiales, lo cual afectó la generalización de los resultados a otros tipos de integrales algebraicas más complejas. Futuras investigaciones podrían abordar esta limitación ampliando el alcance del estudio a una variedad más amplia de funciones; además, las implicaciones prácticas de este estudio sugieren que la programación reactiva en Java podría ser preferible para aplicaciones que requieren una resolución eficiente de integrales algebraicas. Se recomienda la implementación de este enfoque en entornos similares para mejorar el rendimiento de programas similares, al igual pueden ampliar la comprensión de diferentes enfoques de programación en diversas aplicaciones prácticas.

En conclusión, este estudio contribuye al entendimiento de cómo los paradigmas de programación impactan en el rendimiento de la resolución de integrales algebraicas en Java. Se comprueba que el paradigma de programación reactiva muestra una mayor eficiencia en términos de tiempo de ejecución en comparación con la orientada a objetos. Tras realizar pruebas resolviendo integrales algebraicas lineales y polinomiales, se observa una diferencia significativa en el tiempo de ejecución al utilizar los paradigmas de POO y PR, indicando que el enfoque reactivo es preferible para la resolución de este tipo de problemas en Java. Este trabajo aporta y no se limita solo a la optimización de la resolución de problemas matemáticos, sino que sugiere un impacto más amplio en el desarrollo de soluciones informáticas eficientes, abriendo la puerta a la aplicación de estos enfoques y nuevas perspectivas en problemas más amplios dentro de la programación.

Referencias

- Bainomugisha, E., Carreton, A. L., Cutsem, T. van, Mostinckx, S., & Meuter, W. de. (2013). A survey on reactive programming. *ACM Comput. Surv.*, 45(4). <https://doi.org/10.1145/2501654.2501666>
- Budnikova, O. S., & Bulatov, M. V. (2012). Numerical solution of integral-algebraic equations for multistep methods. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 52(5), 691–701. <https://doi.org/10.1134/S0965542512050041>
- Cai, M., & Li, C. (2020). Numerical Approaches to Fractional Integrals and Derivatives: A Review. *Mathematics*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/math8010043>
- Galindo, C., Pérez, S., & Silva, J. (2023). Program slicing of Java programs. *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming*, 130, 100826. <https://doi.org/10.1016/j.jlamp.2022.100826>
- Garrido, A., & Carrillo, J. (2013). Programación reactiva en la administración de proyectos: aproximación conceptual y aplicaciones prácticas. *Revista EAN*, 74, 72–85. <https://doi.org/10.21158/01208160.n74.2013.737>
- Gomez-Gasquet, P., & Diaz-Madronero, M. (2014). Algorithms for reactive production scheduling: an application in the ceramic industry. *BOLETIN DE LA SOCIEDAD ESPANOLA DE CERAMICA Y VIDRIO*, 53(4), I–IV. <https://doi.org/10.3989/cyv.2014.v53.i4.1292>
- Jeffrey, A. (2004). 4 - Indefinite Integrals of Algebraic Functions. In A. Jeffrey (Ed.), *Handbook of Mathematical Formulas and Integrals (Third Edition)* (Third Edition, pp. 145–165). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012382256-7/50007-5>
- Maina, N. K., Muketha, G. M., & Wambugu, G. M. (2022). A Literature Survey of Complexity Metrics for Object-Oriented Programs. *International Journal of Science and Engineering Applications*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248939582>
- Mosteo, A. R. (2020). Reactive programming in Ada 2012 with RxAda. *Journal of Systems Architecture*, 110, 101784. <https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2020.101784>
- Ortin, F., Facundo, G., & Garcia, M. (2023). Analyzing syntactic constructs of Java programs with machine learning. *Expert Systems with Applications*, 215, 119398. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119398>
- Ozkaya, M., & Erata, F. (2020). A survey on the practical use of UML for different software architecture viewpoints. *Information and Software Technology*, 121, 106275. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106275>
- Peñuela, A., Hutton, C., & Pianosi, F. (2021). An open-source package with interactive Jupyter Notebooks to enhance the accessibility of reservoir operations simulation and optimisation. *Environmental Modelling & Software*, 145, 105188. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105188>
- Qiu, D., Li, B., & Leung, H. (2016). Understanding the API usage in Java. *Information and Software Technology*, 73, 81–100. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.01.011>
- Singh, N., Chouhan, S. S., & Verma, K. (2021). Object Oriented Programming: Concepts, Limitations and Application Trends. *2021 5th International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ISCON52037.2021.9702463>
- Wan, Z., & Hudak, P. (2000). Functional reactive programming from first principles. *Proceedings of the ACM SIGPLAN 2000 Conference on Programming Language Design and Implementation*, 242–252. <https://doi.org/10.1145/349299.349331>
- Xihui Zhang, John D. Crabtree, Mark G. Terwilliger, & Redman, Tyler T. (2020). Assessing Students' Object-Oriented Programming Skills with Java: The "Department-Employee" Project. *Journal of Computer Information Systems*, 60(3), 274–286. <https://doi.org/10.1080/08874417.2018.1467243>
- Zotos, K. (2007). Object-oriented design principles in mathematics. *Applied Mathematics and Computation*, 188(2), 1430–1436. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.11.009>

Sistema de Aprendizaje Automático para la Detección y Análisis de Contenido Sexista en la Música Urbana

A Machine Learning System for Detection and Analysis of Sexist Content in Urban Music

Dany Pianchiche-Añapa¹ <https://orcid.org/0009-0001-6875-8120>,
Pablo Pico-Valencia¹ <https://orcid.org/0000-0003-3518-3313>, Juan A. Holgado-Terriza²
<https://orcid.org/0000-0002-8031-1276>

¹*Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador*
dany.pianchiche@pucese.edu.ec, pablo.pico@pucese.edu.ec

²*Universidad de Granada, Granada, España*
jholgado@ugr.es



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/10/28

Aceptado: 2024/06/27

Publicado: 2024/06/30

Resumen

En este artículo se presentan los aspectos relacionados con la creación de un clasificador automático destinado a evaluar y categorizar el nivel de sexismo presente en las letras de canciones del género musical urbano. El sistema de clasificación asigna las letras a tres categorías distintas: "A", indicando contenido apto para audiencias de todas las edades; "B", señalando contenido que requiere supervisión de adultos; y "C", representando material orientado a adultos. El clasificador se implementó en Python aplicando los algoritmos Naïve Bayes, vecinos más cercanos, árbol de decisión, máquina de vectores de soporte y regresión logística. Para el proceso de entrenamiento de los modelos se creó un set de datos compuesto por 479 observaciones, dividido en un 75% para entrenamiento y un 25% para pruebas. El set de datos de entrenamiento abarcó tanto expresiones con connotaciones sexistas como aquellas que carecen de ellas. El clasificador que alcanzó el más alto grado de precisión fue el modelo basado en el algoritmo de regresión logística con un 77% de precisión. Con el fin de facilitar la explotación del clasificador en entornos de producción, se integró el modelo con una interfaz gráfica de usuario que facilita la usabilidad del sistema a los potenciales beneficiarios.

Palabras clave: Aprendizaje supervisado, clasificador, sexismo, música urbana, inteligencia artificial.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

Como citar: Pianchiche-Añapa, D., Pico-Valencia, P. & Holgado-Terriza, J. (2024). Sistema de Aprendizaje Automático para la Detección y Análisis de Contenido Sexista en la Música Urbana. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 68-80. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1088>

Abstract

This paper presents aspects related to the creation of an automatic classifier designed to evaluate and categorize the level of sexism present in the lyrics of songs of the urban music genre. The classification system assigns lyrics to three different categories: "A", indicating content suitable for audiences of all ages; "B", indicating content requiring adult supervision; and "C", representing adult-oriented material. The classifier was implemented in Python by applying the following algorithms: Naïve Bayes, nearest neighbours, decision tree, support vector machine and logistic regression. For the model training process, a dataset composed of 479 observations was created, divided into 75% for training and 25% for testing. The training dataset included both expressions with sexist connotations and those without. The classifier that achieved the highest degree of accuracy was the model based on the logistic regression algorithm with 77% accuracy. In order to facilitate the exploitation of the classifier in production environments, the model was integrated with a graphical user interface that facilitates the usability of the system for potential beneficiaries.

Keywords: Supervised learning, classifier, sexism, urban music, artificial intelligence.

Introducción

El sexismo, definido como la discriminación o los estereotipos basados en el género, continúa siendo un problema arraigado en la sociedad contemporánea. Según el Diccionario de Oxford, el sexismo es la "discriminación o estereotipos contra las mujeres, sobre la base del sexo" (OED, 1866). De manera similar, la Real Academia de la lengua Española, lo define como la "discriminación de personas por motivos de sexo" (RAE, 2023). En la actualidad, la discriminación y la desigualdad de género persisten y se han intensificado en el ámbito tecnológico (Dhrodia, 2017). Internet, en cierta medida, perpetúa las diferencias de género y las actitudes sexistas en el mundo moderno en el que predominan las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

En el contexto del ciberespacio, las redes sociales constituyen un medio para generar comportamientos no aceptados socialmente y compartir contenidos sexistas y de muchas otras índoles tales como de acoso escolar y de incitación al odio (Mesiti & Yeo, 2023). En vista de que las redes sociales pueden ser accedidas por cualquier tipo de usuario que tenga un dispositivo inteligente con conexión a Internet y conocimiento de tecnologías, permite que niños puedan acceder a ciertos contenidos de manera indiscriminada. En este sentido, los padres sienten preocupación de que sus hijos vean y escuchen cosas que no son adecuadas para su edad. Aunque las redes sociales son empleadas por los niños y adolescentes principalmente para comunicarse; también las usan ampliamente para ver videos digitales y escuchar canciones, muchas de ellas enmarcadas en el género urbano (reguetón) —uno de los géneros musicales que más se escucha en la actualidad en Iberoamérica y que tiene la capacidad de transformar las normas sociales que regulan el comportamiento de los adolescentes (Penagos Rojas, 2012).

Las nuevas formas de crear este género musical han llamado mucho la atención en sus contenidos porque en sus letras incorporan terminologías o corpus sexistas que ofenden a las mujeres (Piñón Lora & Pulido Moreno, 2020) o a ciertas comunidades, como es el caso de la comunidad intersexual (LGBTI), pudiendo llegar a ser desagradables para la sociedad en general y, especialmente, para los niños. Por citar un ejemplo de estos cantantes se tiene a Maluma que se hizo controversial por la canción *Four Babys*, disponible en su canal de YouTube. Muchos han criticado esta canción porque determinan que denigra a la mujer y que contiene bastantes términos indecorosos que cualquier padre en su sano juicio no permitiría que sus hijos lo escuchen. Otro cantante que se ha hecho conocer por las letras de sus canciones,

pero no precisamente por ser educativas, es Bad Bunny. En la mayoría de sus éxitos como “Soy Peor” y “Te Boté”, disponibles en su canal de YouTube, hablan de sexo, drogas, dinero, mujeres y fiestas. Estas canciones son actualmente un gran problema para las familias que desean inculcar a sus hijos valores morales como el respeto, la igualdad y la equidad, de manera que a futuro sean personas de bien que aporten positivamente en la sociedad (Piñón Lora & Pulido Moreno, 2020).

La Inteligencia Artificial (IA), a través del Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN), minería de datos y el aprendizaje profundo, permiten detectar contenidos específicos — ciberdelincuencia, acoso escolar, homofobia, agresividad— en diferentes formatos digitales como audio, imagen, video y texto (Arce-García & Menéndez-Mendéndez, 2023; Castañeda Muñoz, 2019; Lepe, 2021). La minería de texto es un conjunto de "estrategias de recuperación de información no tradicional" (Ghosh et al., 2012), orientadas a reducir el esfuerzo requerido de los usuarios para obtener información útil de grandes fuentes de datos de texto computarizados. A través de la minería de texto se han propuesto varios estudios encaminados a realizar análisis de sentimientos. El análisis de sentimientos aplica la técnica de aprendizaje automático para, a partir de un conjunto de datos, crear un clasificador que aprenda bajo el paradigma del aprendizaje supervisado y así realizar el análisis de sentimientos (positivos, negativos, neutros), tomando en consideración datos nuevos distintos a los usados en el entrenamiento del clasificador. De esta manera, se ha empleado esta técnica para evaluar opiniones de las publicaciones en Twitter, ahora X (Cedeño-Moreno & Vargas, 2020).

El análisis de sentimientos y discursos de odio en X es un tema de gran interés y relevancia en la actualidad, debido al creciente uso de esta plataforma para expresar opiniones, emociones y actitudes sobre diversos temas. Para realizarlo, se han empleado diversas técnicas de minería de texto, aprendizaje automático y aprendizaje profundo, las cuales se han aplicado a diferentes fuentes de datos y redes sociales ampliamente usadas a nivel mundial como es el caso de X, Facebook, Instagram, TikTok, entre otras.

Uno de los aspectos más importantes para el análisis de sentimientos y discursos de odio es la selección y extracción de características relevantes de los textos, las cuales pueden ser desde palabras individuales hasta n-gramas, frecuencias, vectores semánticos, entre otras. En este sentido, Rasel et al. (2018) propusieron un método para filtrar los comentarios cibernéticos agresivos en tres categorías: discurso de odio, discurso ofensivo o ninguno de los dos anteriores. Para ello, utilizaron técnicas de minería de textos como n-grama y TF-IDF (Frecuencia de Ocurrencia del Término en la Colección de Documentos), las que sirvieron para preparar las entradas para los clasificadores de aprendizaje automático como: bosque aleatorio, regresión logística y máquina de soporte vectorial. Los autores reportaron una precisión del 93% con el bosque aleatorio, superando a los otros dos métodos. Asimismo, encontraron que la combinación de TF-IDF, Análisis Semántico Latente (LSA) y análisis de similitud coseno produjo un vector de características optimizado para la clasificación.

Otro aspecto relevante para el análisis de sentimientos y discursos de odio es el uso de modelos de aprendizaje profundo, los que pueden capturar relaciones complejas y no lineales entre las características y las etiquetas. En este sentido, Zhang et al. (2018) utilizaron una Red Convolutiva (CNN) con una Unidad Recurrente Cerrada (GRU), combinada con incrustaciones de palabras. Con este modelo, lograron detectar los discursos de odio en Twitter con una alta precisión medida por la métrica F1. Los autores demostraron que la combinación del modelo CNN y GRU mejoró empíricamente la precisión de la clasificación en comparación con otros modelos basados en Redes Neuronales Recurrentes (RNN) o CNN.

Además del uso de modelos de aprendizaje profundo, también se han explorado otras técnicas de aprendizaje automático para el análisis de sentimientos y discursos de odio. Por ejemplo, Jiang & Suzuki (2019) realizaron varias comparaciones usando distintas proporciones de datos extraídos de Twitter con diferentes técnicas al mismo tiempo. Como hallazgo, el estudio evidenció que el aprendizaje automático puede llegar a tener un buen rendimiento cuando los datos son pequeños; sin embargo, cuando los datos son voluminosos se obtuvieron hallazgos más relevantes al implementar el aprendizaje profundo. También, se afirmó que el uso del modelo RNN obtuvo mejores resultados en comparación con otros métodos que se utilizaron, como es el caso de la regresión logística y las máquinas de soporte vectorial. RNN, implementada a partir de GRU, reportó el 96,56 % de precisión en las pruebas realizadas con el set de datos B usado en el experimento.

Finalmente, también se han aplicado técnicas de PLN para el análisis de sentimientos y discursos de odio en redes sociales. Por ejemplo, Back, B. H., & Ha (2019) propusieron un sistema para extraer información de sentimientos humanos de grandes cantidades de datos no estructurados, usando el algoritmo Naïve Bayes y técnicas del PLN para preprocesar el contenido de la información. Los resultados experimentales mostraron que el método proporcionó una precisión del 63.5%, que fue superior al método basado solo en PLN. Además, el método tuvo una alta velocidad de procesamiento de datos.

Estos trabajos muestran la diversidad y complejidad del análisis de sentimientos y discursos de odio en redes sociales, así como las diferentes técnicas y métodos que se han empleado para abordar este problema. Sin embargo, también existen otros campos y áreas donde estas técnicas pueden ser útiles y aplicables. Por ejemplo, Sri Mulyani et al. (2019) utilizaron el algoritmo Naïve Bayes para analizar los datos de los tweets sobre los programas de televisión en Indonesia, con el fin de obtener información sobre la valoración del sentimiento público. Los autores reportaron una precisión del 91.67% con su método, lo cual muestra el potencial de estas técnicas para otras industrias y sectores como: transporte y servicios públicos (Fahmi et al., 2023), salud (Alqarni & Rahman, 2023), educación (Dake & Gyimah, 2023), entre otras.

Sobre este trasfondo, en este estudio se propone el diseño y desarrollo de un sistema capaz de analizar y detectar contenido sexista en letras de canciones publicadas en medios digitales. Así, el estudio responde a la pregunta de investigación: ¿Es posible aplicar la minería de textos para la detección automática de sexismo en pistas musicales distribuidas en formato digital multimedia? Y de manera más específica se busca determinar lo siguiente: ¿cuáles son los algoritmos de aprendizaje automático que mejor precisión (*accuracy*) alcanzan para el análisis de sexismo en letras de canciones? En este contexto, el estudio que se propone ha experimentado con modelos basados en algoritmos como: Naïve Bayes, máquina de vectores de soporte, árbol de decisión, K-vecinos más cercanos y regresión logística (Pico-Valencia et al., 2021).

La detección de expresiones indecorosas de manera automática es importante, puesto que permite analizar el sentir del público con respecto a lo que observa y escucha. En el ámbito de reproductores de audio digital, la detección automática de frases sexistas podría ser útil para realizar un filtro de las canciones y así determinar si es adecuado o no para el público. El hecho de que los niños y jóvenes aprenden de lo que ven y escuchan, implica que no debe ser permisible que ellos tengan acceso a contenidos no acordes a su edad. Así, el sistema es pertinente debido a que puede ser empleado por padres de familia como mecanismo para evitar que sus hijos consuman audio digital con contenido vulgar y sexista.

La investigación se plantea como objetivo desarrollar un sistema que analice el nivel de sexismo en las letras de canciones del género urbano mediante el uso de técnicas de aprendizaje automático a fin de determinar si una canción es apta o no para determinado público (niños o adolescentes). Para el logro de este objetivo, se inició con la definición del corpus que describe acciones sexistas adaptado al vocablo ecuatoriano. Con base en este corpus, y considerando que se emplearon canciones publicadas en formato digital, se creó un mecanismo para transformar de manera automática contenido de audio digital a formato texto. Esto se efectuó para generar la entrada que requiere un clasificador automático. Estos datos fueron inyectados a un sistema inteligente que integra un modelo de detección automática de contenido sexista aplicando técnicas de minería de textos y aprendizaje automático. Finalmente, una vez entrenado el clasificador del sistema desarrollado, se aplicaron pruebas para validarlo. La evaluación del sistema propuesto se realizó en términos de la métrica exactitud. Para llevar a cabo la batería de pruebas se emplearon diez canciones del género urbano en español, disponibles en plataformas digitales de Internet. Dichas letras no se compartieron en ningún medio público, solo sirvieron de insumos para llevar a cabo la experimentación. Se citó la fuente respectiva en cada caso para no violar los derechos de autor.

El artículo está organizado en 3 secciones. La sección “Materiales y métodos” describe aspectos relacionados con el diseño del clasificador, así como los algoritmos de aprendizaje automático empleados en el experimento. La sección “Resultados y Discusión” presenta los hallazgos obtenidos en la fase de entrenamiento y evaluación del clasificador, que fue testeado con letras de canciones distintas a las usadas en la etapa de entrenamiento. Finalmente, la sección “Conclusiones” expone las principales conclusiones del estudio, así como los trabajos futuros que se originan de la investigación.

Materiales y Métodos

Aspectos metodológicos de la investigación

Esta investigación se caracterizó por ser de naturaleza mixta, abarcando tanto enfoques cualitativos como cuantitativos. La primera parte del estudio se concentró en realizar un análisis cualitativo de las técnicas basadas en datos y resultados previamente implementados por otros autores en el ámbito del aprendizaje automático, aplicado al análisis de sentimientos en redes sociales. La segunda etapa, de carácter cuantitativo, involucró la experimentación con diversos algoritmos que ayudaron a implementar la técnica de aprendizaje automático, con el propósito de evaluar la precisión y eficacia del clasificador entrenado. Esta evaluación cuantitativa se basó en las métricas obtenidas para entrenar y evaluar el clasificador entrenado.

En cuanto a las técnicas de procesamiento y análisis de datos, se utilizaron herramientas estadísticas para realizar un análisis más completo de los datos, incluyendo medidas de tendencia central y modelos probabilísticos implementados por los algoritmos de aprendizaje automático empleados en el desarrollo del sistema propuesto y en la experimentación; además, se utilizó la matriz de confusión como una técnica para evaluar el rendimiento del modelo de clasificación, permitiendo visualizar el número de predicciones correctas e incorrectas desglosadas por clase, lo que incluye verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos negativos y falsos positivos. Todas estas métricas fueron implementadas por la librería *sklearn* de Python.

Es importante señalar que esta investigación se enfocó en las técnicas de aprendizaje automático que son comúnmente empleadas para desarrollar sistemas de minería de texto destinados al análisis de sentimientos. A pesar de la amplia gama de algoritmos disponibles en el campo del aprendizaje automático, se optó por utilizar cinco algoritmos ampliamente reconocidos, basándose en la experiencia acumulada en investigaciones previas. Estos

algoritmos incluyen: Naïve Bayes, regresión logística, máquina de vectores de soporte, k-vecinos más cercanos, árbol de decisión y regresión logística (Pico-Valencia et al., 2021). Para llevar a cabo el análisis del sistema, se tomaron como referencia las canciones de los seis artistas de género urbano más populares durante el año 2020, según datos proporcionados por el portal digital accesible en la dirección (okdiario.com).

Algoritmos usados

Para llevar a cabo las tareas de aprendizaje por parte de las máquinas se emplean generalmente algoritmos que permiten predecir datos a través de regresiones, clasificadores y algoritmos de agrupamiento que se resumen en algoritmos de aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo (Cedeño-Moreno & Vargas, 2020). El aprendizaje supervisado constituye el método que clasifica datos etiquetados con base a un patrón compartido. El propósito consiste en utilizar datos de entrenamiento, donde X representa las variables que anticipan una salida específica denominada Y . Estas variables pueden ser numéricas en el contexto de la regresión o descriptivas en situaciones de clasificación.

Los algoritmos de clasificación se usan cuando el resultado que se busca es una etiqueta discreta. Es decir, se tiene una clasificación binaria, solo se elige entre dos etiquetas, así mismo para la clasificación de múltiples etiquetas. A continuación, se describen los algoritmos más populares y usados en la actualidad para clasificar patrones. La descripción de cada algoritmo es muy específica y enfocada en describir el funcionamiento de cada algoritmo; no obstante, la forma en cómo se implementa cada uno de estos algoritmos en Python usando la librería sklearn se puede encontrar en el sitio oficial de la librería disponible en: <https://n9.cl/50s6j>.

Naïve Bayes

Es un clasificador lineal. Constituye un método de aprendizaje automático simple basado en probabilidades; las decisiones se toman en función de ausencia o presencia de determinadas características. Para ello, el algoritmo aplica el Teorema de Bayes con presunción de independencia entre dichas características. El clasificador Naïve Bayes combina el modelo de probabilidad derivado con una regla de decisión; es decir, se selecciona el valor, que tiene la mayor probabilidad. Este enfoque se conoce como el “Máximo a Posteriori” (Bijalwan et al., 2014).

Máquina de soporte vectorial

La Máquina de Vectores de Soporte (SVM por sus siglas en inglés) es un método de aprendizaje automático supervisado. SVM usa datos de entrenamiento para separar y construir un hiperplano de margen máximo que pueda usarse para la clasificación (Ramamamy et al., 2021). Las SVM se utilizan para mapear espacios de muestra en espacios de características con una dimensión alta (o incluso infinita) a través del mapeo no lineal, transformando los problemas que no son linealmente separables en el espacio muestral original y en problemas linealmente separables en el espacio de características (Xia et al., 2020). El concepto central detrás de las SVM es descubrir un hiperplano de margen máximo que logre una separación óptima entre las clases en el conjunto de datos. Los vectores de soporte corresponden a los puntos de datos que se hallan más cercanos al hiperplano; estos puntos desempeñan un papel crucial al definir de manera más precisa la línea de división al calcular los márgenes. Dichos puntos son esenciales para realizar la tarea de clasificación.

Vecino más cercano

El modelo k-vecinos más cercanos (k-NN por sus siglas en inglés) es un algoritmo sencillo que se usa tanto para problemas de regresión y clasificación. El algoritmo k-NN clasifica nuevas clases basados en medidas de similitud, asimismo, se lo utiliza para la

estimación de estadística y reconocimiento de patrones. El algoritmo se cataloga por mayoría de votos de sus vecinos, y el dato se asigna a la clase más común entre su vecino más cercano (k), el que es medido por una función de distancia. Para calcular la distancia para las variables continuas se aplica la distancia: euclidiana, manhattan o minkowski (Nugrahaeni & Mutijarsa, 2017).

Árbol de decisión

Es un modelo de clasificación alternativo que se asemeja a una estructura jerárquica de árbol, en la que cada nodo representa un atributo de prueba, las ramas reflejan los resultados de dichas pruebas y los nodos hoja denotan las clases (Apriliani et al., 2020). Además de su capacidad para manejar características de entrada y destino de tipo continuas, este modelo resulta útil en problemas con salidas categóricas. Su función principal radica en simplificar procesos de toma de decisiones complejos, permitiendo a los tomadores de decisiones comprender mejor la resolución de problemas mediante la identificación de características descriptivas que contienen información relevante (Nurfaizah et al., 2019).

Regresión logística

La regresión logística es un modelo estadístico empleado en el aprendizaje automático para describir las relaciones entre un conjunto de variables predictoras y una variable clase, con el propósito de estimar la probabilidad de que una instancia pertenezca a una clase específica. Si bien en su formulación original se usa como clasificador binario (predicción dicotómica), puede extenderse para abordar problemas de clasificación multiclase. Su denominación proviene de la función subyacente en la que se basa, conocida como función logística o sigmoide, y su tarea principal consiste en mapear las salidas de un modelo de regresión lineal en una probabilidad de pertenencia a una clase determinada (Wang et al., 2020).

Todos los algoritmos antes descritos permitieron entrenar clasificadores automáticos de frases sexistas a través de la librería *sklearn* de Python. Además, de manera complementaria, se empleó la librería *NLTK* (*Natural Language Toolkit*), que es una biblioteca ampliamente utilizada para PLN, proporcionando herramientas para trabajar con texto, siendo especialmente útil para tareas como tokenización, análisis sintáctico, clasificación de texto, entre otras.

Variables e indicadores sujetos a estudio

En el estudio se consideró una única variable: precisión del modelo. Dicha variable abarcó diversos indicadores, incluyendo la exactitud y la puntuación F1. Estas métricas se describen como sigue:

- **Accuracy (Exactitud):** Esta métrica mide el porcentaje de casos que el modelo ha clasificado correctamente.
- **Precisión (Precisión):** Se encarga de medir la calidad y exactitud del modelo de aprendizaje automático en sus predicciones.
- **Recall (Recuperación):** Evalúa la capacidad del modelo de reconocer y recuperar casos positivos.
- **F1-Score (Puntuación F1):** Es una métrica que combina las evaluaciones de precisión y recall en un único valor, ofreciendo una visión más completa del rendimiento del modelo.

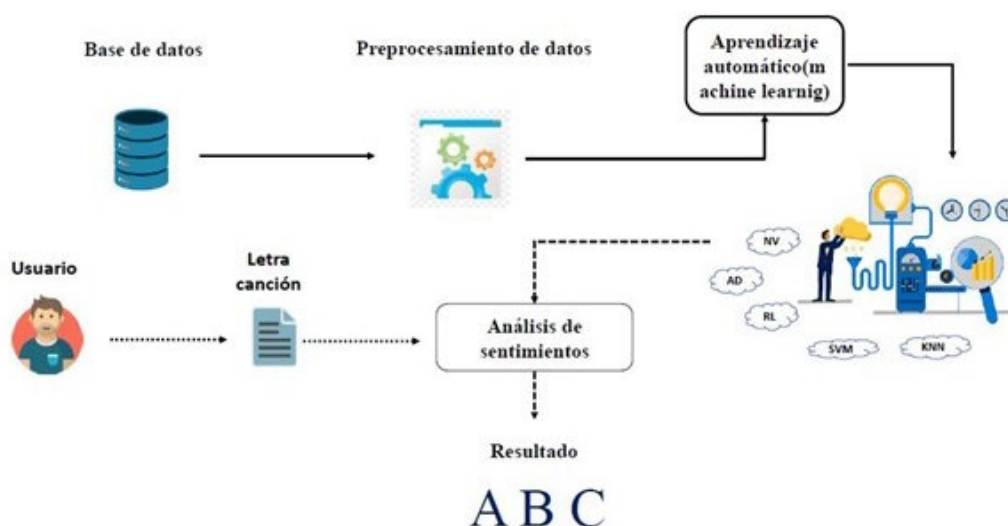
Diseño de los clasificadores para detección de frases sexistas

La arquitectura del sistema propuesto se fundamenta en la lógica de los sistemas de análisis de sentimientos. En la Figura 1 se puede observar que se tienen dos procesos. El primero corresponde al entrenamiento de los clasificadores; mientras que el segundo constituye el proceso de evaluación del modelo; este último es el que se lleva a cabo en entornos de producción.

Para realizar el primer proceso se inició con la creación del set de datos que sirvió de insumo para entrenar el modelo. Para crear el set de datos, se tomó como punto de referencia plataformas de música ampliamente reconocidas, como Deezer y Spotify, que gozan de reconocimiento a nivel mundial. El propósito principal fue identificar qué tipos de contenido musical son adecuados para audiencias específicas. Estas plataformas ofrecen listas de reproducción, conocidas como *playlists*, que ayudan a los usuarios a seleccionar sus contenidos favoritos.

Figura 1

Arquitectura del sistema propuesto



Se generó un conjunto de datos compuesto por 717 registros, los que se categorizaron en tres grupos: 1, 2 y 3. La categoría 1 corresponde con la designación "A" y representa contenido apto para todo público. La categoría 2, equivalente a "B," indica que el contenido requiere supervisión de un adulto, mientras que la categoría 3, equiparable a "C," se destina a contenido dirigido a mayores de edad o audiencias adultas. Esta clasificación se basó en el artículo 65 de la Ley Orgánica de Comunicación de Ecuador que establece que las personas naturales o jurídicas, propietarias o representantes legales de los medios de comunicación, responderán por los contenidos difundidos en los casos específicos mencionados. Algunos ejemplos de este tipo de contenidos consideran los siguientes: contenidos discriminatorios, que transgredan los derechos de las personas con VIH o personas LGBTI, que vulneren derechos de los niños, adultos mayores, personas discapacitadas, comunidades ancestrales, migrantes, entre otras (Ministerio Telecomunicaciones de Ecuador, 2019).

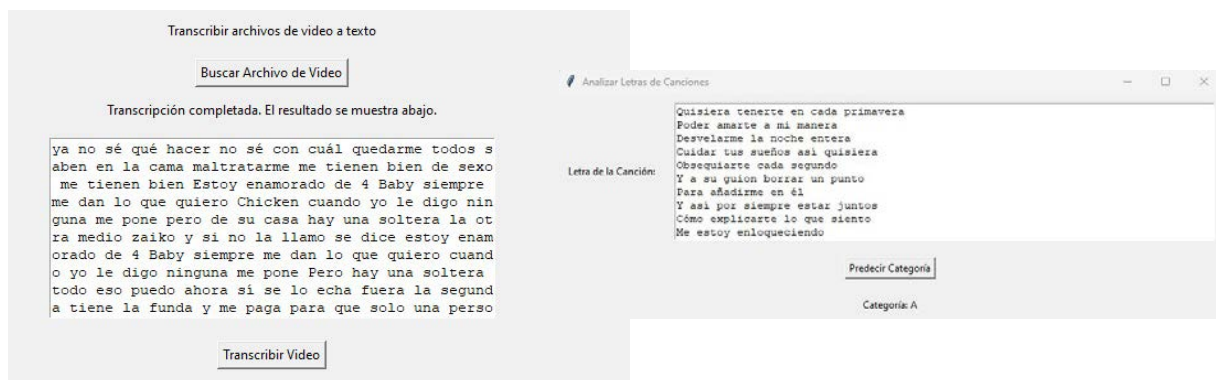
Posterior a la creación del set de datos se realizó su preprocesamiento a fin de que los datos estuvieran preparados para llevar a cabo el entrenamiento de los modelos de clasificación. El esquema del set de datos se organizó separando en dos columnas a la categoría de la letra y otra para las expresiones sexistas. Una vez que fueron preprocesados, a través de la técnica de ponderación TF-IDF para dar más importancia a palabras más relevantes y menos a las

comunes, estos se pasaron como argumentos para el entrenamiento de los clasificadores. Se creó un clasificador por cada uno de los siguientes algoritmos de aprendizaje supervisado: Naïve Bayes, máquina de vectores de soporte, k-vecinos más cercanos, árbol de decisión y regresión logística. Para el entrenamiento de los modelos de aprendizaje automático, se destinó el 75% de los datos para la fase de entrenamiento, reservando el 25% restante para las pruebas.

Por otro lado, en lo concerniente al proceso evaluación del modelo, luego de que los clasificadores fueron entrenados, se procedió a evaluar letras de canciones. La evaluación de las letras de canciones fue posible efectuarla especificando directamente la letra de la canción o en su defecto cargando el video digital de la canción. En este último caso, el proceso de conversión se realizó de forma automática (Figura 2 - izquierda) y, para ello, se empleó un script de Python. Dicho script utilizó las librerías *SpeechRecognition* y *MoviePy* para leer archivos de audio digital en formatos como MP4, convertir audio a texto y generar un archivo de texto con la transcripción. La librería probó su efectividad y precisión para trabajar con éxito en archivos cortos de calidad media. Complementariamente, en la Figura 2 derecha se muestra la interfaz gráfica desde la que el usuario puede llevar a cabo pruebas detallando la letra de la canción; proceso manual, válido en caso de que se disponga la letra de la canción en formato texto.

Figura 2

Interfaz de usuario para predecir categoría de letras de canciones



Resultados y Discusión

Métricas de los clasificadores en el proceso de entrenamiento

La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos durante la evaluación de los modelos bajo una configuración específica, en la cual se utilizó el 75% de los datos para el proceso de entrenamiento y el 25% restante para las pruebas. Estos hallazgos revelan notables diferencias en el rendimiento de los modelos analizados. Para evaluar su desempeño, se emplearon diversas métricas de aprendizaje automático, entre las cuales se incluyen:

Tabla 1

Métricas del proceso de entrenamiento de los clasificadores

Algoritmos	Accuracy	Precision	Recall	F1
Naive Bayes (NB)	0.59	0.62	0.71	0.68
Regresión logística	0.75	0.77	0.80	0.74
Máquina de soporte vectorial	0.71	0.74	0.79	0.74
Árbol de decisión	0.70	0.68	0.76	0.73
k-Vecinos más cercanos	0.55	0.66	0.70	0.65

En este contexto, es relevante destacar que, según estos indicadores, dos modelos, el árbol de decisión y el modelo de k-vecinos más cercanos (k-NN), exhibieron un rendimiento menos satisfactorio en comparación con los demás; por el contrario, la regresión logística sobresalió al alcanzar la puntuación más alta en términos de precisión, lo que indica que es la opción más idónea para trabajar con el conjunto de datos específico en cuestión. Los resultados detallados de estas métricas se encuentran en la tabla 1, y estos hallazgos refuerzan la elección de la regresión logística como el modelo preferente para el procesamiento del conjunto de datos propuesto.

Métricas de los clasificadores en el proceso de evaluación

Con el propósito de desarrollar una evaluación más exhaustiva del sistema, se llevaron a cabo pruebas utilizando un conjunto de 10 canciones, cada una con contenido sexista y no sexista. Entre estos modelos se evidencia que, en el caso de la canción 3, los modelos Naïve Bayes, regresión logística y máquina de soporte vectorial, encasillan la canción como categoría 2, equivalente a la clasificación B. En contraste, el árbol de decisión la clasifica como 1, y k-vecinos más cercanos la cataloga como 3. Estas pruebas confirman que los dos últimos modelos presentan un margen de error más notable durante este proceso; además, los resultados destacan que solo cuando la letra de la canción pertenece a la clase 1, todos los modelos logran clasificarla de manera precisa.

La Tabla 2, que se presenta a continuación, resume los resultados de estas pruebas para cada una de las 10 canciones, mostrando las clasificaciones proporcionadas por los modelos evaluados. Estos hallazgos son fundamentales para comprender el rendimiento de los modelos en la clasificación de canciones con contenido sexista y no sexista.

Tabla 2

Métricas del proceso de evaluación de los clasificadores

Canción evaluada	Predicción Tipo	Naïve Bayes	Regresión Logística	Máquina de soporte vectorial	Árbol de decisión	k-Vecinos más cercanos
Four Babys (Maluma)	3	3	3	3	3	3
Yo te robaré (Ozuna)	2	2	2	2	2	2
Eres mía (Romeo Santos)	2	2	2	2	1	3
Primera cita (CNCO)	1	1	1	1	1	1
Desesperados (Raw)	3	3	3	3	1	3
Culpables (Anuel)	3	3	3	3	1	2
Hawái (Maluma)	2	2	3	3	1	2
Para enamorarte (CNCO)	1	1	1	1	1	1
Una vaina loca (Ozuna)	2	2	1	3	1	2
Bailando (Enrique Iglesias)	2	2	1	2	1	2

Conclusiones

La tecnología de análisis de sentimientos mediante el aprendizaje automático resulta altamente efectiva en la detección de sexismo, logrando una destacada precisión del 77% a partir del modelo de aprendizaje propuesto implementado a través del algoritmo de regresión logística. El modelo desarrollado puede mejorarse ampliando el corpus usado para su entrenamiento. Por el hecho de que estos modelos son dependientes de los datos se evidenció

que con la incorporación de más datos se puede mejorar la precisión de los algoritmos. En este sentido, se recomienda extender el set de datos de entrenamiento con jergas iberoamericanas.

Es importante señalar que la mayoría de los algoritmos de aprendizaje automático, usados en la etapa de experimentación, demostraron una alta precisión, con la excepción de los algoritmos de árbol de decisión y vecinos más cercanos. Los dos algoritmos que lograron mejor precisión en la detección de sexismo fueron la regresión logística con el 77 % y la máquina de vectores de soporte con el 74 %. La capacidad actual del modelo entrenado mediante el uso de la regresión logística es aceptable y, por tanto, este puede ser usado para que los padres puedan evaluar si el contenido lírico de una canción es apropiado o no para sus hijos; además, sienta las bases para desarrollar modelos más precisos a partir de redes neuronales de manera que sean integrados como mecanismos de supervisión en plataformas como YouTube o Spotify.

Un aporte importante del estudio es que contribuye con el cumplimiento de la Ley Orgánica de Comunicación de Ecuador que en el artículo 76 menciona que los sistemas de audio y video deben estar previamente calificados por el Consejo de Regulación y Desarrollo de la Información y Comunicación, considerando la calidad de sus contenidos y programación, siempre que satisfagan las condiciones técnicas que establezca la autoridad de telecomunicaciones (Ministerio Telecomunicaciones de Ecuador, 2019). En este sentido, el modelo entrenado aprendió a categorizar letras de canciones en las tres categorías contempladas en este estudio: "A", contenido apto para audiencias de todas las edades; "B", contenido que requiere supervisión de adultos; y "C", apto para adultos.

Como perspectiva para investigaciones futuras, se considera la extensión de la propuesta hacia la capacidad de realizar predicciones en tiempo real. Esto permitirá que las predicciones se ajusten de manera dinámica a medida que avanza la reproducción de pistas de audio o vídeos digitales. Esta ampliación tendría importantes aplicaciones prácticas en la verificación de contenidos publicados en redes sociales, medios que son considerablemente usados por los niños y adolescentes en la actualidad. También la propuesta puede extenderse para que sea multilingüe de manera que contemple el análisis de frases sexistas en español e inglés; así como en otros posibles géneros musicales.

Reconocimientos

Esta investigación es fruto de uno de los trabajos de titulación de la Escuela de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Esmeraldas, enmarcada en la línea de investigación Automatismos y sistemas inteligentes.

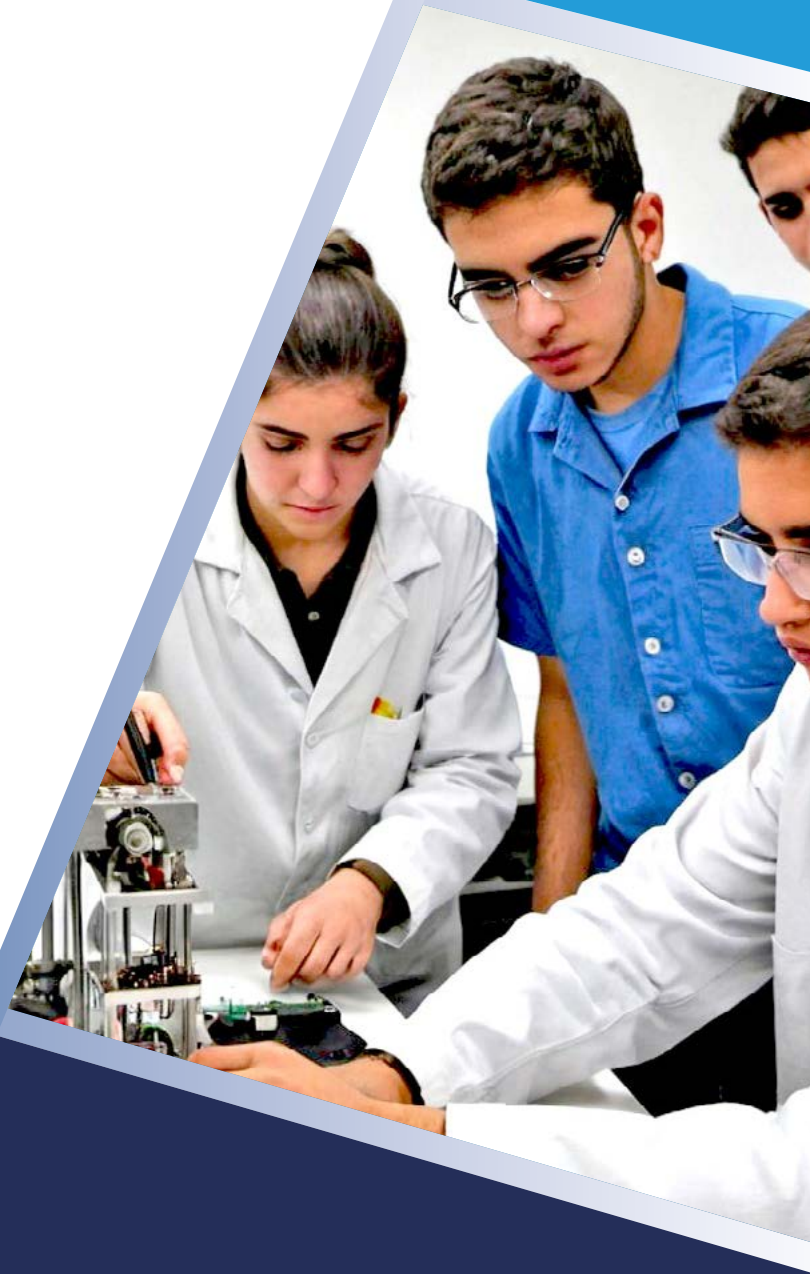
Referencias

- Alqarni, A., & Rahman, A. (2023). Arabic Tweets-Based Sentiment Analysis to Investigate the Impact of COVID-19 in KSA: A Deep Learning Approach. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(1), 1–29. <https://doi.org/10.3390/bdcc7010016>
- Apriliani, D., Abidin, T., Sutanta, E., Hamzah, A., & Somantri, O. (2020). Sentiment analysis for assessment of hotel services review using feature selection approach based-on decision tree. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 240–245. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110432>
- Arce-García, S., & Menéndez-Mendéndez, M.-I. (2023). Inflamando el debate público: metodología para determinar origen y características de discursos de odio sobre diversidad sexual y de género en Twitter and gender diversity on Twitter. *Profesional de La Información*, 3(1), 1–19. <https://doi.org/10.3145/epi.2023.ene.06>

- Back, B. H., & Ha, I. K. (2019). Comparison of sentiment analysis from large twitter datasets by naive bayes and natural language processing methods. *J. Inf. Commun. Conver. Eng.*, 17(4), 239–245. <https://doi.org/10.21541/apjes.939338>
- Bijalwan, V., Kumar, V., Kumari, P., & Pascual, J. (2014). KNN based machine learning approach for text and document mining. *International Journal of Database Theory and Application*, 7(1), 61–70. <https://doi.org/10.14257/ijdt.2014.7.1.06>
- Castañeda Muñoz, J. (2019). *Análisis, clasificación y predicción del vocabulario de cibercrimen en Internet usando modelos predictivos de Machine Learning* [Tesis de Maestría, Universidad Cuahutémoc]. <https://uconline.mx/comunidadead/application/views/repositoriodesis/TesisfinalJoseAlexanderCastanedaMunoz.pdf>
- Cedeño-Moreno, D., & Vargas, M. (2020). Aprendizaje automático aplicado al análisis de sentimientos. *I+D Tecnológico*, 16(2), 59–66. <https://doi.org/10.33412/idt.v16.2.2833>
- Dake, D. K., & Gyimah, E. (2023). Using sentiment analysis to evaluate qualitative students' responses. *Education and Information Technologies*, 28(4), 4629–4647. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11349-1>
- Dhrodia, A. (2017). *Social media and the silencing effect: why misogyny online is a human rights issue*. <https://www.newstatesman.com/culture/social-media/2017/11/social-media-and-silencing-effect-why-misogyny-online-human-rights-issue>
- Fahmi, M., Yuningsih, Y., & Puspita, A. (2023). Sentiment Analysis Of Online Gojek Transportation Services On Twitter Using The Naïve Bayes Method. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer)*, 8(2), 84–90. <https://doi.org/10.33480/jitk.v8i2.4004>
- Ghosh, S., Roy, S., & Bandyopadhyay, S. K. (2012). A tutorial review on Text Mining Algorithms. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 1(4), 223–233.
- Jiang, L., & Suzuki, Y. (2019). Detecting hate speech from tweets for sentiment analysis. *2019 6th International Conference on Systems and Informatics, ICSAI 2019, Icsai*, 671–676. <https://doi.org/10.1109/ICSAI48974.2019.9010578>
- Lepe, M. (2021). *Modelos híbridos basados en Lexicones y Machine Learning para la detección de agresividad sobre textos en idioma Español*. [https://www.mcc.ubiobio.cl/web/docs/tesis/manuel_lepe-tesis\(manuellepe\).pdf](https://www.mcc.ubiobio.cl/web/docs/tesis/manuel_lepe-tesis(manuellepe).pdf)
- Mesiti, A. M., & Yeo, H. L. (2023). Social Media: The Good, the Bad, and the Ugly. *Clinics in Colon and Rectal Surgery*, 36(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1763281>
- Ministerio Telecomunicaciones de Ecuador. (2019). *Ley Orgánica de Comunicaciones*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/Ley-Organica-de-Comunicación.pdf>
- Nugrahaeni, R. A., & Mutijarsa, K. (2017). Comparative analysis of machine learning KNN, SVM, and random forests algorithm for facial expression classification. *Proceedings - 2016 International Seminar on Application of Technology for Information and Communication, ISEMANTIC 2016*, 163–168. <https://doi.org/10.1109/ISEMANTIC.2016.7873831>
- Nurfaizah, Hariguna, T., & Romadon, Y. I. (2019). The accuracy comparison of vector support machine and decision tree methods in sentiment analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1367(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1367/1/012025>
- OED. (1866). *Sexism*. <https://www.oed.com/search/dictionary/?scope=Entries&q=sexism>
- Penagos Rojas, Y. (2012). Lenguajes del poder. La música reggaetón y su influencia en el estilo de vida de los estudiantes. *Plumilla Educativa*, 10(2), 290–305. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4323457>

- Pico-Valencia, P., Vinueza-Celi, O., & Holgado-Terriza, J. A. (2021). Bringing Machine Learning Predictive Models Based on Machine Learning Closer to Non-technical Users. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1273 AISC, 3–15. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59194-6_1
- Piñón Lora, M., & Pulido Moreno, A. (2020). La imagen de la mujer en el reggaetón: un análisis crítico del discurso. *Revista Iberoamericana de Comunicación*, 38, 45–77. <https://ric.iberomx/index.php/ric/article/view/67/53>
- RAE. (2023). *Sexismo*. <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=sexismo>
- Ramasamy, L. K., Kadry, S., & Lim, S. (2021). Selection of optimal hyper-parameter values of support vector machine for sentiment analysis tasks using nature-inspired optimization methods. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(1), 290–298. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i1.2098>
- Rasel, R. I., Sultana, N., Akhter, S., & Meesad, P. (2018). Detection of cyber-aggressive comments on social media networks: A machine learning and text mining approach. *ACM International Conference Proceeding Series*, 37–41. <https://doi.org/10.1145/3278293.3278303>
- Sri Mulyani, E. D., Rohpandi, D., & Rahman, F. A. (2019). Analysis of Twitter Sentiment Using the Classification of Naive Bayes Method about Television in Indonesia. *2019 1st International Conference on Cybernetics and Intelligent System, ICORIS 2019*, 1(August), 89–93. <https://doi.org/10.1109/ICORIS.2019.8874896>
- Wang, P., Yan, Y., Si, Y., Zhu, G., Zhan, X., Wang, J., & Pan, R. (2020). Classification of Proactive Personality: Text Mining Based on Weibo Text and Short-Answer Questions Text. *IEEE Access*, 8, 97370–97382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995905>
- Xia, H., Yang, Y., Pan, X., Zhang, Z., & An, W. (2020). Sentiment analysis for online reviews using conditional random fields and support vector machines. *Electronic Commerce Research*, 20(2), 343–360. <https://doi.org/10.1007/s10660-019-09354-7>
- Zhang, Z., Robinson, D., & Tepper, J. (2018). Detecting Hate Speech on Twitter Using a Convolution-GRU Based Deep Neural Network. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10843 LNCS*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93417-4_48

Educación / Education



RTE

Educación Socioemocional como Herramienta del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en los Estudiantes de 1ro de Bachillerato

Socio-emotional Education as a Tool in the Teaching-Learning Process for First-Year High School Students

Mónica Patricia Chunchi Orellana¹ <https://orcid.org/0000-0002-1016-9497>,
María Elisa Ordóñez Vásquez¹ <https://orcid.org/0009-0000-3722-3943>

¹Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador
mchunchi@est.ups.edu.ec, mordonezv@ups.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2023/09/30

Aceptado: 2024/06/24

Publicado: 2024/06/30

Resumen

Este estudio se enfoca en la implementación de la educación socioemocional como un enfoque pedagógico destinado a fortalecer la salud mental de los adolescentes. El objetivo principal consiste en desarrollar un Manual de Herramientas Socioemocionales diseñado para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de primer año de bachillerato. La metodología empleada es cuantitativa incluyendo encuestas y cuestionarios para obtener una comprensión integral de cómo los docentes utilizan las herramientas socioemocionales y cómo esto influye en los estudiantes en el contexto educativo. La muestra, compuesta por 74 jóvenes de la Unidad Educativa Guillermo Mensi en la ciudad de Cuenca, Ecuador, se seleccionó de manera intencional. Durante la recopilación de datos, se administró una encuesta a los educadores para investigar su uso de herramientas socioemocionales, además de aplicar dos cuestionarios, el TMMS-24 y el SDQ-Cas, a los estudiantes para evaluar sus emociones, habilidades y dificultades emocionales. Los resultados del estudio revelan que los docentes reconocen la importancia de la formación en habilidades socioemocionales. Sin embargo, se identificaron deficiencias significativas en la conciencia emocional de los adolescentes, quienes también experimentaron dificultades emocionales, problemas de conducta, hiperactividad y desafíos en sus relaciones interpersonales. A pesar de estos hallazgos, se destacan actitudes positivas de socialización, empatía y apoyo entre los estudiantes. Se destaca la necesidad de capacitar a los docentes y aplicar programas eficaces de educación socioemocional para mejorar la calidad de vida y la preparación de los estudiantes frente a desafíos emocionales y sociales en sus aspectos personales y académicos.

Sumario: Introducción, Marco Referencial, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

Como citar: Chunchi, M. & Ordóñez, M. (2024). Educación Socioemocional como Herramienta del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en los Estudiantes de 1ro de Bachillerato. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 82-97. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1085>

Palabras clave: Aprendizaje socioemocional, bienestar del estudiante, docente de secundaria, educación, métodos de enseñanza.

Abstract

This study focuses on the implementation of social-emotional education as a pedagogical approach aimed at strengthening adolescents' mental health. The main objective is to develop a manual of socio-emotional tools designed to improve the teaching-learning process for first-year high school students. The methodology used is quantitative, including surveys and questionnaires, to gain a comprehensive understanding of how teachers use socio-emotional tools and how this influences students in the educational context. The sample, composed of 74 young people from the Guillermo Mensi Educational Unit in Cuenca, Ecuador, was intentionally chosen. During data collection, A survey was administered to educators to investigate their use of social-emotional tools, and two questionnaires, the TMMS-24 and the SDQ-Cas, were applied to students to evaluate their emotions, skills, and emotional difficulties. The results reveal that teachers recognize the importance of training in social-emotional skills. However, significant deficiencies were identified in the emotional awareness of adolescents, who also experienced emotional difficulties, behavioral problems, hyperactivity, and challenges in their interpersonal relationships. Despite these findings, positive attitudes toward socialization, empathy, and support stood out among students. The need to train teachers and implement effective socio-emotional education programs is emphasized to improve students' quality of life and prepare them to face emotional and social challenges in their personal and academic endeavors.

Keywords: Social-emotional learning, student well-being, high school teacher, education, teaching methods.

Introducción

Este estudio resalta los fundamentos de la educación socioemocional para el desarrollo integral de los estudiantes. A medida que la sociedad y el entorno educativo avanzan, es esencial que las instituciones educativas enfoquen tanto el progreso académico como las habilidades socioemocionales de los alumnos. Esta investigación se centra específicamente en los estudiantes de 1ro de Bachillerato de una institución fiscal.

Según Gutiérrez, y Buitrago (2019), las habilidades socioemocionales se refieren a una variedad de competencias y habilidades que permiten la regulación de estados de ánimo y sentimientos. La escuela es el principal espacio donde estas habilidades se forman y desarrollan a través de las actitudes y acciones de los estudiantes, docentes y directivos. La interacción y la convivencia que se producen en este entorno resultan fundamentales para el desarrollo de la persona y la construcción de una sociedad basada en el respeto hacia los demás, así como hacia uno mismo.

La educación socioemocional implica adquirir y aplicar habilidades sociales y emocionales, como la inteligencia emocional, la empatía, la autorregulación y la toma de decisiones responsables. Estas habilidades no solo afectan el bienestar personal de los estudiantes, sino que también influyen en su capacidad para establecer relaciones positivas, manejar el estrés y enfrentar los desafíos sociales y académicos. En el caso de los adolescentes, la inteligencia emocional desempeña un papel importante en la reducción del estrés al disminuir los conflictos, mejorar las relaciones interpersonales y fomentar la comprensión de las propias emociones (Reyes, 2021).

Objetivos

Objetivo general:

Elaborar un Manual de Herramientas Socioemocionales para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje para estudiantes de primero de bachillerato técnico.

Objetivos Específicos:

- Analizar el uso de herramientas socioemocionales por parte de los docentes que mejoren los procesos de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes.
- Fundamentar teóricamente las herramientas socioemocionales que los docentes emplearán que optimice las buenas prácticas pedagógicas en la comunidad educativa.
- Describir las herramientas socioemocionales que se incluirán en el manual, destacando sus beneficios y aplicaciones específicas en el contexto de bachillerato técnico.

Es fundamental que los educadores sean capacitados para abordar las complejas necesidades emocionales de los estudiantes en el contexto educativo actual. Reconociendo la importancia del bienestar emocional en el éxito académico y desarrollo personal, se les brinda a los docentes una guía respaldada por teoría con el propósito de empoderarlos como agentes de cambio en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La meta es formar estudiantes con sólidas habilidades socioemocionales, preparándolos para enfrentar los desafíos de la vida y fomentando ciudadanos responsables y emocionalmente inteligentes. Por esta razón, a continuación, se detalla el marco referencial que guiará este trabajo.

Marco Referencial

La Educación Socioemocional en la Práctica Educativa

En la actualidad, es innegable que los riesgos psicosociales en el entorno escolar forman una parte esencial de los riesgos generales que afectan la vida de los estudiantes. Estos riesgos tienen un profundo efecto en el desarrollo de los estudiantes, ya que impactan en sus relaciones sociales, en cómo aprenden y en su nivel de motivación (Quezadas et al., 2023).

A pesar de esto, tanto en la Unidad Educativa Guillermo Mensi en la ciudad de Cuenca, Ecuador, como en otros contextos educativos, se observa una carencia de enfoque y prácticas que promuevan activamente el desarrollo socioemocional de los estudiantes. Esto subraya la importancia de la educación socioemocional en el proceso de enseñanza-aprendizaje y de identificar estrategias efectivas para su implementación.

En este contexto, las competencias socioemocionales de los docentes adquieren un rol crucial al potenciar los métodos de enseñanza y educación. Estas competencias fortalecen los vínculos entre los educadores, docentes y alumnos. Además, reducen el agotamiento laboral al capacitar a los profesores para emplear técnicas que les ayuden a enfrentar el estrés intrínseco de su labor educativa. Asimismo, estas competencias fomentan la creación de un ambiente de confianza entre colegas, contribuyendo a un entorno colaborativo y enriquecedor en el campo educativo (Martínez, 2023).

Para mejorar el entorno escolar, los docentes y directivos deben promover valores como el respeto, la empatía, la resolución pacífica de conflictos y la comunicación efectiva en toda la comunidad educativa. Estos valores no solo enriquecen la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, sino que también fortalecen la cohesión y la armonía en el entorno educativo en su conjunto.

Impacto de la Educación Socioemocional en la Crisis Sanitaria.

La pandemia de la Covid-19 tuvo un impacto significativo en la educación en el ámbito mundial, generando cambios profundos en la confianza hacia las instituciones educativas. Se observó el cierre de escuelas como medida de precaución para salvaguardar la salud tanto de estudiantes como del personal, lo que motivó la adopción de métodos de enseñanza virtual. Esta transición llevó a una intensificación de las relaciones personales e interpersonales, trastocando las rutinas habituales y afectando las emociones tanto en el ámbito escolar como en la vida cotidiana (Aguilar et al., 2023).

En este contexto, la crisis sanitaria ha planteado desafíos educativos, entre los cuales se destaca la necesidad de fomentar las habilidades socioemocionales en los estudiantes. Según Barriá-Herrera et al. (2021), se hace hincapié en la importancia de las emociones en el proceso de desarrollo y adquisición de conocimiento, resaltando el papel fundamental que desempeñan las emociones en el ámbito. Esta comprensión emocional, que va más allá de los límites de la investigación, podría constituir un factor crucial para establecer un entorno educativo efectivo y empático en un mundo lleno de desafíos.

Importancia de la Educación Socioemocional

La Educación Socioemocional, según Álvarez (2020), se considera un proceso de interacción social esencial en la formación integral de las personas a lo largo de su desarrollo. Esta perspectiva está estrechamente relacionada con la enseñanza de habilidades emocionales, un elemento clave para la creación de ambientes escolares saludables y el fomento del bienestar tanto a nivel individual como colectivo. En este sentido, educadores, padres, y la sociedad en general, comparten la responsabilidad de dar prioridad y promover activamente la educación emocional en el proceso educativo (Salvo-Garrido et al., 2021).

Por otro lado, el desarrollo de competencias emocionales no solo influye en la convivencia y el bienestar emocional, sino que también potencia la capacidad de los estudiantes para concentrarse y mantener la atención, lo que, a su vez, repercute positivamente en su rendimiento académico. Asimismo, al adquirir destrezas en la gestión de sus emociones, los alumnos desarrollan una mayor resiliencia, entendida como la habilidad para enfrentar situaciones desafiantes, salir fortalecidos y mejor preparados (Sabino, 2023). Esta interacción entre la educación socioemocional y las habilidades emocionales resalta la importancia de abordar tanto el aspecto individual como el colectivo en el contexto educativo.

La Dimensión Socioemocional en el Proceso Educativo

Es fundamental que los educadores adquieran habilidades emocionales y fomenten valores como la empatía y la flexibilidad para mejorar sus relaciones con los estudiantes y adapten sus métodos de enseñanza a un entorno educativo cada vez más digitalizado (Bisquerra, 2021).

El componente socioemocional de los individuos durante su proceso de formación educativa es fundamental para crear personas que sean valiosas, felices, completas y capaces de enfrentar desafíos y superarlos. En su interacción diaria en el aula, los maestros pueden desempeñar un papel importante en el apoyo al desarrollo de esta habilidad en sus alumnos (Martínez, 2023).

Formulación de Organizaciones Mundiales

En América Latina, se han implementado medidas gubernamentales para impulsar las habilidades socioemocionales, mejorar el entorno escolar y prevenir conductas de riesgo. En 2019, el Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación reconoció

plenamente la relevancia de estas habilidades en términos de calidad educativa, incorporando un módulo sobre habilidades socioemocionales enfocado en actitudes de inclusión, autorregulación y cumplimiento de responsabilidades escolares (Polo y Leyva, 2020).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) promueve la adquisición de habilidades emocionales y sociales en niños y adolescentes como parte de su enfoque en la agenda 2030, que busca garantizar una educación inclusiva y equitativa. Además de fomentar habilidades cognitivas como el pensamiento crítico, la organización apoya el desarrollo de aptitudes sociales como la empatía y la resolución de conflictos, así como habilidades de comunicación que permitan interactuar con diversidad y colaborar en beneficio colectivo.

En cuanto a la formación de educadores, se recomienda integrar habilidades socioemocionales desde el inicio hasta el desarrollo continuo de la formación docente. Esto implica asignar tiempo para la capacitación, fomentar la comunicación y establecer redes entre docentes para apoyarse mutuamente y promover el bienestar. Además, se enfatiza la importancia de que la formación en competencias emocionales llegue a toda la comunidad educativa. Estas recomendaciones se alinean con el objetivo global de la Agenda 2030 de la UNESCO para proporcionar una educación inclusiva y equitativa de alta calidad en todos los niveles (UNESCO, 2016).

Según Gallardo (2021), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), centrado en la promoción de los derechos y el bienestar de todos los niños, niñas y adolescentes, resalta la importancia de la implementación de políticas y programas educativos integrales. Estos programas abarcan diversas áreas de conocimiento, incluyendo el bienestar de los estudiantes. Según la UNICEF, para que los estudiantes alcancen niveles óptimos de bienestar, es esencial desarrollar habilidades como la reflexión, la paz interior, la empatía hacia los demás, la participación en actividades recreativas, el disfrute del tiempo libre y la capacidad de sentir y expresar emociones, entre otras.

En la actualidad, se reconoce que al enseñar a generar emociones y fomentar el desarrollo de los aspectos emocionales, se logra un mayor aprendizaje (Brito et al., 2022). Lo que coincide con la perspectiva de la UNICEF sobre la importancia de cultivar el bienestar emocional de los estudiantes como parte integral de la educación. Se enfatiza que considerar los aspectos emocionales y el bienestar de los estudiantes es esencial para mejorar la calidad del proceso educativo.

El rol de la Educación Socioemocional en el Proceso de Enseñanza Aprendizaje

La enseñanza y el aprendizaje son dos componentes interdependientes que interactúan tanto dentro como fuera del aula en un proceso dinámico. La enseñanza implica cómo el docente instruye al alumno utilizando diversas técnicas y estrategias con el objetivo de obtener resultados positivos. El aprendizaje, por su parte se refiere a cómo el alumno, con la guía del docente, asimila de manera ordenada cualquier contenido. La combinación efectiva de estos dos procesos asegura una adecuada labor pedagógica en una institución educativa (Gómez et al., 2021). El proceso de enseñanza-aprendizaje implica una interacción planificada entre el educador y el educando con el propósito de transmitir conocimientos y fomentar el desarrollo intelectual y personal del estudiante.

En el proceso de aprendizaje, los aspectos socioemocionales son esenciales para motivar a los estudiantes y mantener su perseverancia en la consecución de objetivos. La interacción con otros, la cultura y la sociedad también influyen en el aprendizaje. El

reconocimiento de los estudiantes y su participación activa son elementos clave, el aprendizaje va más allá de los conocimientos; considera aspectos emocionales y sociales para un aprendizaje efectivo (Gallardo, 2021).

Según Ureña y Peralta (2023), en el contexto educativo, el papel del docente es crucial y ejerce una influencia significativa en el éxito de los estudiantes al asumir el rol de líder en el aula. Además de impartir conocimientos, el docente cumple funciones de guía, facilitador y mentor en el proceso de enseñanza-aprendizaje. A pesar del avance tecnológico en la educación, el rol del profesor sigue siendo esencial al proporcionar apoyo emocional, motivación y orientación a los alumnos. En lugar de limitarse a la enseñanza convencional de contenidos, se espera que el docente del futuro se centre en fomentar el pensamiento crítico, la creatividad, la solución de problemas y el desarrollo de habilidades socioemocionales entre los estudiantes.

En este contexto, la educación socioemocional y la promoción de la resiliencia emergen como elementos esenciales para el desarrollo integral de los estudiantes en el entorno educativo. La resiliencia, definida como la capacidad de afrontar desafíos, aprender de experiencias negativas y crecer sin que afecte negativamente la salud mental o el bienestar emocional, permite a una persona mantener una actitud positiva y la calma en momentos de crisis, así como encontrar soluciones efectivas ante obstáculos (Martínez y Cervantes, 2023).

Las competencias socioemocionales, por su parte, son habilidades clave para comprender y gestionar emociones, fundamentales en la educación para el desarrollo humano y la prevención de problemas psicosociales. Estas habilidades ayudan a niños y adolescentes a entender y controlar sus emociones, relacionarse positivamente y tomar decisiones responsables. Su inclusión en la educación mejora la eficacia personal y educativa, alineándose con las habilidades para la vida de la Organización Mundial de la Salud y promoviendo una interacción respetuosa en la enseñanza y el aprendizaje (MINEDUC, 2021).

Herramientas Socioemocionales

En el marco del Sistema Nacional Educativo Ecuatoriano, se han establecido cinco habilidades fundamentales centradas en las habilidades emocionales de los estudiantes: a) Empatía: la capacidad de ponerse en el lugar de otra persona y comprender sus pensamientos y sentimientos, lo que ayuda a mejorar las interacciones sociales y promover comportamientos solidarios. b) Autoconocimiento: la habilidad de reconocer y comprender nuestros propios pensamientos, reacciones, preferencias, límites y fortalezas/débiles. c) Manejo de emociones: la capacidad de reconocer y gestionar las propias emociones y cómo influyen en nuestro comportamiento, incluyendo el manejo de emociones difíciles como la ira y la agresividad. d) Resolución de conflictos: la habilidad de buscar soluciones adecuadas a los problemas o conflictos, identificando oportunidades para el crecimiento personal y social. e) Toma de decisiones: el proceso de elegir entre alternativas para resolver situaciones de la vida en diversos contextos, como el familiar, escolar o social (MINEDUC, 2020).

En el ámbito educativo, las herramientas socioemocionales desempeñan un papel crucial en la formación de los estudiantes y en la creación de un entorno de aprendizaje positivo. El entorno de enseñanza se ve directamente influenciado por las habilidades sociales y emocionales del docente, así como por las relaciones afectivas que este establece con los estudiantes; estas habilidades y relaciones se consideran herramientas esenciales para enfrentar los desafíos diarios en el ámbito escolar (Gutiérrez y Buitrago, 2019).

La obtención y utilización de la competencia socioemocional forma un componente esencial en la educación y el progreso humano, y se conoce como el proceso de aprendizaje socioemocional (Lalomia y Cascales, 2023). Estas habilidades no solo son fundamentales para el bienestar emocional y social de los estudiantes, sino que también tienen un impacto significativo en su éxito académico, además de su desarrollo personal a lo largo de la vida.

En las instituciones educativas, no solo se transmiten conocimientos y valores, sino que también se llevan a cabo procesos de relaciones; por lo tanto, es fundamental consolidar un clima de confianza, seguridad y valoración del esfuerzo, ya que esto impacta de manera significativa en la vida de cada estudiante (Milicic y Marchant, 2020).

En consecuencia, la gestión adecuada de las emociones desempeña un papel fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Al crear un ambiente agradable que promueve el desarrollo integral de los estudiantes y mejora su calidad de vida, se potencia su bienestar emocional; sin embargo, para lograr esto, es necesario que los docentes cuenten con una preparación integral y utilicen métodos apropiados para guiar a sus alumnos y lograr cambios positivos en su formación (Hernández y Romero, 2020).

Según Loza y Pino (2022), el aprendizaje socioemocional capacita a los jóvenes para comprenderse a sí mismos y a los demás, mejorar relaciones y tomar decisiones éticas. El objetivo es equipar a los estudiantes con herramientas para el bienestar emocional y relaciones saludables, esencial en su desarrollo. Para lograrlo, se fortalece su capacidad para comprender y gestionar emociones, mostrar empatía, construir relaciones y tomar decisiones reflexivas. Estas habilidades son cruciales en la vida de los estudiantes.

De acuerdo con Vásquez y Cabrera (2022), las actividades lúdicas han dirigido a los estudiantes hacia un ambiente propicio para el proceso de aprendizaje, fomentando experiencias caracterizadas por la creatividad, la alegría y la sensación de libertad. Esto confirma que el enfoque lúdico va más allá de la simple idea de jugar y se convierte en una herramienta efectiva para facilitar tanto la enseñanza como el aprendizaje, ya sea en contextos individuales o grupales; además, promueve un mayor número de interacciones entre los participantes y los contenidos de estudio.

Materiales y Métodos

Diseño de la Investigación

La metodología empleada en este estudio es de tipo cualitativo, que se centra en la recopilación y el análisis de datos cualitativos. Estos datos se enfocaron en la comprensión de términos, resultados y significados relevantes (Mieles y Moya, 2021). El objetivo de esta estrategia metodológica es obtener una visión completa del fenómeno en estudio, que se centra en el uso de herramientas socioemocionales por parte de los docentes para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Enfoque Metodológico

Para alcanzar este propósito, se aplicó el método analítico-sintético, según lo propuesto por De Franco y Solórzano (2020), este método implicó una revisión bibliográfica exhaustiva que abarcó revistas, tesis, libros y diversas perspectivas de autores relevantes. Este enfoque metodológico permitió establecer una base teórica sólida sobre las herramientas socioemocionales que los docentes emplearán para mejorar sus prácticas pedagógicas en el ámbito educativo.

Con el fin de garantizar la integridad ética de la investigación, se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes, asegurando al mismo tiempo la privacidad y confidencialidad de los datos; además, se obtuvo la aprobación de las autoridades de la institución. Es importante destacar que los resultados se basaron en las respuestas auto reportadas de los participantes, lo que podría introducir sesgos debido a la influencia de la subjetividad en este método. El objetivo principal de este estudio es obtener un conocimiento detallado de las herramientas socioemocionales que serán abordadas en el manual.

Procedimiento de Recopilación de Datos

La población se define como un conjunto de individuos que cumplen condiciones específicas. En este estudio, la selección de la muestra de participantes se basó en un enfoque no probabilístico, guiado por las particularidades y el contexto de la investigación, en lugar de seguir criterios estadísticos, como lo señala Hernández-Sampieri (2018), en su obra.

Considerando la población total de 210 estudiantes de primer año de secundaria distribuidos en 7 cursos de bachillerato, este enfoque se eligió por conveniencia, en línea con la perspectiva de la investigadora. La muestra final incluyó a 74 estudiantes de dos cursos que presentaban mayores problemas conductuales. Además, se procedió a encuestar a un total de 36 profesores, lo que representó aproximadamente la mitad del personal docente de la institución. A pesar de que la muestra fue seleccionada por conveniencia, se buscó que fuera representativa y proporcionara una visión detallada de cómo las herramientas socioemocionales podrían influir en el proceso de enseñanza-aprendizaje en este contexto educativo específico.

Instrumentos Utilizados

Para la recopilación de datos, se utilizaron varios instrumentos. Uno de ellos fue una encuesta, que, según Hernández-Sampieri (2018) permite indagar sobre la perspectiva de un grupo de la población en relación a un tema, cuestión o problema específico.

Del mismo modo, Mendoza y Avila (2020), argumentan que la encuesta emplea un cuestionario que comprende un conjunto de preguntas diseñadas para evaluar una o varias variables definidas en el marco de la investigación. La encuesta se dirigió a los docentes e incluyó siete preguntas diseñadas para identificar el uso de herramientas socioemocionales y evaluar su implementación con el propósito de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como su experiencia y percepción de la implementación del Manual de Herramientas Socioemocionales. Además de la encuesta a docentes, se aplicaron dos instrumentos para evaluar el estado emocional de los estudiantes.

El siguiente instrumento fue la escala de rango denominada TMMS-24 ítems (Trait Meta-Mood) calificados en una escala Likert de 5 puntos, que varía desde “1: En desacuerdo total” hasta “5: Totalmente de acuerdo”; esta escala se basa en la versión original desarrollada por Salovey y Meyer en 1995. Su propósito es evaluar el metaconocimiento de los estados emocionales, es decir, la capacidad de las personas para ser conscientes de sus propias emociones y regularlas de manera efectiva. La escala consta de 24 ítems, los cuales se agrupan en tres factores distintos: Atención emocional (ítems 1 al 8): Este factor explora el grado en el que las personas creen que prestan atención a sus emociones y sentimientos. Claridad emocional (ítems 9 al 16): Este factor se refiere a cómo las personas creen que perciben sus emociones. Reparación de las emociones (ítems 17 al 24) (Zúñiga et al., 2019).

El segundo instrumento aplicado a los estudiantes fue la ejecución del Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-Cas). Este cuestionario consta de una serie de indicadores que representan tanto las fortalezas como las dificultades de un individuo y se agrupan en cuatro escalas en este estudio: Problemas conductuales, Síntomas emocionales, Hiperactividad y Problemas con los iguales. Cada una de estas escalas está compuesta por cinco reactivos, cada ítem se califica en una escala Likert de tres categorías de respuesta que se puntúan con 0, 1 o 2 puntos, "no es cierto", "es cierto" y "absolutamente cierto".

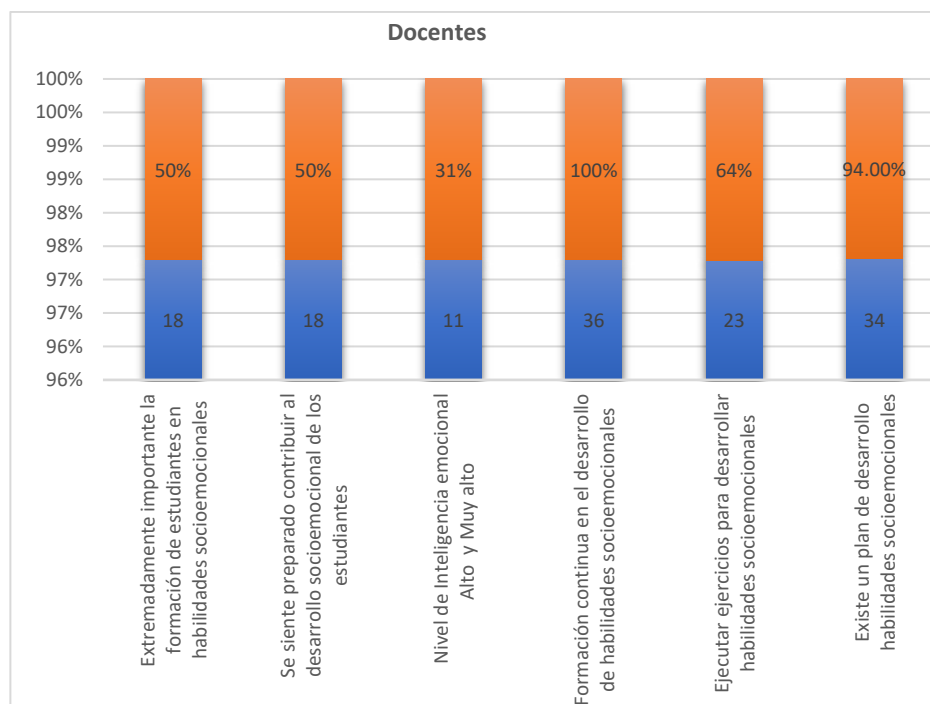
Sin embargo, es importante mencionar que los ítems relacionados con las fortalezas se puntúan de manera inversa, donde "absolutamente cierto" equivale a 0 puntos y "no es cierto" equivale a 2 puntos. Para obtener un puntaje total de dificultades, se suman los puntajes de las escalas de problemas conductuales, síntomas emocionales, hiperactividad e inatención, así como problemas con los pares. Este puntaje total puede variar de 0 a 40 puntos (Ramos y Tosina, 2023).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se resumen las percepciones y prácticas relacionadas con las habilidades socioemocionales en el contexto educativo. Los hallazgos muestran que el 50% de los docentes considera extremadamente importante la formación de estudiantes en habilidades socioemocionales, y un número igual se siente preparado para contribuir a su desarrollo. Además, el 31% de los docentes reporta tener un alto nivel de inteligencia emocional. Todos los docentes encuestados han recibido formación continua en habilidades socioemocionales, y el 64% ejecuta ejercicios para desarrollar estas habilidades en el aula. Sin embargo, la mayoría, un 94%, señala que no existe un plan de desarrollo de habilidades socioemocionales en la institución.

Tabla 1

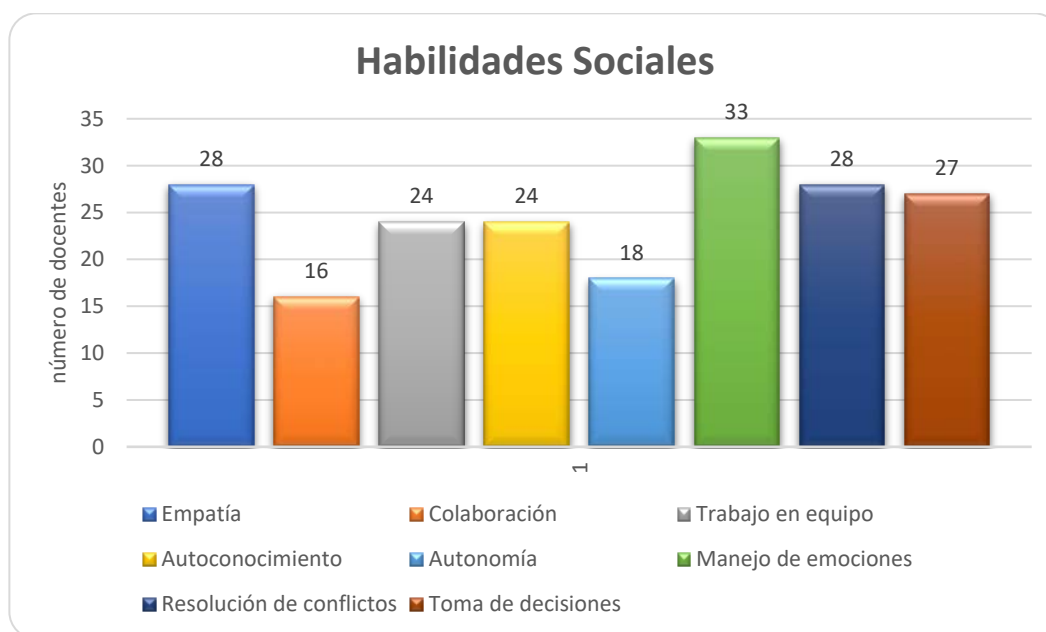
Perspectivas de formación y preparación docentes en habilidades socioemocionales



En la Tabla 2 se resaltan las habilidades socioemocionales prioritarias en el ámbito educativo, según la percepción de los docentes. Incluye habilidades como empatía, colaboración, trabajo en equipo, autoconocimiento, autonomía, manejo de emociones, resolución de conflictos y toma de decisiones. Los números representan la cantidad de docentes que consideran cada habilidad importante en su práctica pedagógica. Estos datos ofrecen una visión de las principales áreas de enfoque en el desarrollo de habilidades socioemocionales en este contexto educativo.

Tabla 2

Habilidades Socioemocionales Destacadas en el Ámbito Educativo



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 presenta los resultados derivados de la aplicación del instrumento de evaluación TMMS-24 en tres dimensiones: Regulación, Percepción de Atención y Comprensión. En ella, se detallan los puntajes, el número de estudiantes y el porcentaje de estudiantes que alcanzaron puntuaciones específicas en cada una de estas áreas. Es relevante destacar que en la Dimensión 1, que se enfoca en la regulación emocional y el control de impulsos, se observa que el 50% de los estudiantes demuestra la capacidad de regular sus emociones y controlar sus impulsos, mientras que el otro 50% enfrenta dificultades en este aspecto.

En la Dimensión 2, que se centra en la percepción de atención y la conciencia emocional, se evidencia que el 53% de los estudiantes no dedica tiempo a reflexionar sobre sus emociones ni presta atención a su estado de ánimo, en contraste con el 47% de los estudiantes que sí manifiesta preocupación por su estado emocional.

En la Dimensión 3, que se relaciona con la comprensión y expresión emocional, se destaca que el 69% de los estudiantes encuentra dificultades para comprender sus estados emocionales, mientras que solo el 31% tiene la capacidad de expresar sus emociones de manera efectiva.

Tabla 3*Instrumento de medición TMMS-24*

Regulación			Percepción de Atención			Comprensión	
Estudiantes	Porcentaje	Puntaje	Estudiantes	Porcentaje	Puntaje	Estudiantes	Porcentaje
37	50%	>24	35	47%	>25	23	31%
37	50%	<=24	39	53%	<=25	51	69%
74	100	Total	74	100	Total	74	100

En la Tabla 4 proporciona una evaluación detallada de múltiples dimensiones, incluyendo aspectos emocionales, conductuales, hiperactividad, relaciones con pares y comportamiento prosocial. Los estudiantes se encuentran en un rango que oscila entre lo normal y lo anormal en varias áreas evaluadas. En cuanto a la sintomatología emocional, están en el límite entre lo normal y lo anormal, lo que sugiere posibles dificultades emocionales, aunque no graves.

Tabla 4*Escala total de dificultades del Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-Cas)*

ESCALA	CONDUCTA	Número de ítems	Rango	Normal	Límite	Anormal	RESULTADOS
Emocional	Sintomatología Emocional	5	0-10	0 a 3	4	5 a 10	5
Conductual	Problemas de comportamiento	5	0-10	0 a 2	6	4 a 10	4
Hiperactividad	Hiperactividad	5	0-10	0 a 5	6	7 a 10	5
Relaciones con pares	Problemas de relaciones con iguales	5	0-10	0 a 2	3	4 a 10	4
Total Dificultades	Conductas problemáticas	20	0-40	0 a 12	13	14 a 20	18
Conducta Prosocial	Conductas Positivas	5	0-10	0 a 6	5	0 a 4	6

En el ámbito de los problemas de comportamiento, se sitúan en la categoría límite, indicando una ligera tendencia hacia conductas problemáticas. En el caso de la hiperactividad, los estudiantes obtienen una puntuación dentro del rango normal, lo que sugiere la ausencia de hiperactividad problemática. En cuanto a las relaciones con pares, nuevamente se encuentran en la categoría límite, lo que indica ciertas dificultades en las relaciones con iguales, aunque no a un nivel preocupante.

En el total de dificultades conductuales, los estudiantes obtienen un puntaje en el rango anormal, sugiriendo múltiples desafíos en diversos aspectos de su conducta. Por otro lado, en cuanto a la conducta prosocial, muestran un comportamiento positivo dentro del rango normal. Los resultados señalan áreas de preocupación, especialmente en conductas problemáticas y problemas de comportamiento, pero también destacan fortalezas en conducta prosocial y la ausencia de hiperactividad problemática.

Este estudio se orientó en investigar cómo los docentes utilizan herramientas socioemocionales con el propósito de mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes. Los resultados de esta investigación resaltaron que los docentes son plenamente conscientes de la importancia de las habilidades socioemocionales y reconocen su papel fundamental en el desarrollo integral de los estudiantes. Esto refuerza la necesidad de promover

un enfoque educativo equilibrado que no solo se centre en el contenido académico, sino que también promueva activamente el crecimiento emocional y social de los estudiantes.

En este contexto, Alvarado et al., (2023) han subrayado la esencialidad de las Habilidades Socioemocionales en su integración en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Tanto los docentes como los estudiantes se embarcan en un proceso de autoexploración de sus emociones, con el objetivo de canalizarlas de manera positiva y efectiva. La educación socioemocional, como se destaca en esta investigación, busca crear un ambiente de aula cohesionado que permita a los estudiantes participar activamente en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje (Tur-Porcar et al., 2021).

Este enfoque resalta la importancia de habilidades clave, como la empatía, la colaboración, el autoconocimiento, la autonomía, el manejo de emociones, la resolución de conflictos y la toma de decisiones en la educación. Estas habilidades son consideradas esenciales para el desarrollo integral de los estudiantes y respaldan la idea de que la educación debe ser más que la mera transmisión de conocimientos. Un aspecto destacado de este estudio es el papel del "profesor ejemplar". Estos educadores se preocupan profundamente por el bienestar socioemocional de sus alumnos, fomentando interacciones receptivas y brindando apoyo cuando los estudiantes enfrentan desafíos emocionales (Figuerola-Céspedes et al., 2023).

A pesar de la amplia conciencia entre los docentes acerca de la importancia de las habilidades socioemocionales, es preocupante que un alto porcentaje (94%) informe la falta de un plan de desarrollo en este campo. Esto subraya la urgencia de implementar estrategias efectivas, dado que la educación socioemocional es esencial tanto para el éxito educativo como para el bienestar emocional de los estudiantes; además, es importante destacar que los programas de formación y mejora de competencias profesionales en el campo educativo a menudo carecen de un enfoque adecuado en las habilidades sociales y emocionales.

También se buscó fundamentar teóricamente las herramientas socioemocionales que los docentes utilizan para mejorar las buenas prácticas pedagógicas en la comunidad educativa. Como se destacó en esta investigación, la educación socioemocional busca crear un ambiente de aula cohesionado que permita a los estudiantes participar activamente en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Este estudio se alinea con investigaciones previas que han resaltado las ventajas de la Inteligencia Emocional en el entorno educativo, que incluyen una mayor calidad de vida, bienestar personal, relaciones sociales saludables, un mejor desempeño académico y éxito (Fernández & Cabello, 2021).

Asimismo, es crucial integrar la educación emocional como un componente esencial en la capacitación y desarrollo profesional de los docentes, con el objetivo de promover habilidades socioemocionales que contribuyan al desarrollo completo de los estudiantes (López, 2023).

A pesar de la alta conciencia sobre su importancia, todavía existe margen para mejorar la inteligencia emocional de los docentes y su aplicación en el aula. Es alentador que una parte significativa de los docentes ya esté aplicando ejercicios relacionados con las habilidades socioemocionales; sin embargo, es crucial que se sigan desarrollando y perfeccionando estas prácticas para beneficiar a los estudiantes en su conjunto.

Los resultados del estudio, basados en la evaluación TMMS-24 en tres dimensiones (Regulación, Percepción de Atención y Comprensión), revelan que muchos estudiantes carecen de conciencia emocional. Esta falta de conciencia puede afectar su capacidad para manejar

eficazmente sus emociones. Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar las habilidades socioemocionales en el ámbito educativo y destacan la necesidad de programas de desarrollo socioemocional adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes. La promoción de estas habilidades no solo beneficia el bienestar individual, sino que también influye en el éxito académico y la capacidad de interactuar en un mundo emocionalmente complejo.

Los resultados de la Escala Total de Dificultades del Cuestionario de Capacidades y Dificultades (SDQ-Cas) indican que algunos estudiantes enfrentan desafíos emocionales y conductuales. Aunque estos resultados no constituyen un diagnóstico, sugieren la necesidad de implementar estrategias efectivas de educación socioemocional y de intervención temprana en el contexto educativo.

Los datos presentados en este estudio subrayan la importancia de la educación socioemocional en las instituciones educativas. Si bien existen docentes que valoran y están preparados para abordar estas habilidades, es esencial que las instituciones educativas desarrollen planes específicos y estrategias para promover el desarrollo de habilidades socioemocionales en todos los estudiantes. Además, es fundamental abordar las diferencias en la inteligencia emocional de los estudiantes y ofrecer apoyo adecuado a aquellos que enfrentan desafíos emocionales y conductuales. Este enfoque puede contribuir significativamente al bienestar y éxito académico de los estudiantes.

La utilización y aplicación de recursos educativos, combinados con enfoques pedagógicos adecuados a la edad y las necesidades de los estudiantes, también influyen en la percepción de la seguridad, el control y la gestión del estrés, así como en la promoción de la resolución de problemas, la flexibilidad y la adaptabilidad, entre otros aspectos. Uno de los objetivos principales de este estudio fue conocer y detallar las herramientas socioemocionales que se incluirán en el Manual de Herramientas Socioemocionales como una iniciativa para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje.

A pesar de que existe una conciencia generalizada sobre la importancia de estas herramientas, es esencial contar con un recurso que proporcione orientación práctica y específica a los docentes. El Manual de Herramientas Socioemocionales tiene como propósito guiar a los docentes en la integración de la educación socioemocional en sus prácticas pedagógicas, se destaca la importancia de las competencias socioemocionales de los educadores en el fortalecimiento de las relaciones con los estudiantes, la prevención del agotamiento laboral y la creación de un ambiente de confianza y colaboración.

Este manual servirá como una herramienta valiosa para apoyar a los educadores en la implementación efectiva de las habilidades socioemocionales en el aula. La gestión adecuada de las emociones es esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje para crear un ambiente favorable y promover el bienestar emocional de los estudiantes. Esto requiere que los docentes estén preparados y utilicen métodos apropiados. El aprendizaje socioemocional capacita a los jóvenes para comprenderse a sí mismos y a los demás, mejorando relaciones y tomando decisiones éticas. Además, las actividades lúdicas en el proceso de aprendizaje promueven la creatividad y la interacción, enriqueciendo la educación.

Es crucial que la educación emocional sea una prioridad en el entorno educativo, ya que esto permitirá equipar a los estudiantes con las habilidades esenciales para alcanzar el éxito en sus vidas personales y profesionales. En este contexto, la educación socioemocional aporta una serie de beneficios significativos y contribuye a un mejor rendimiento académico al fomentar habilidades como la autorregulación, la motivación y la capacidad para manejar el

estrés. Además, facilita a los estudiantes la regulación de sus emociones negativas y cultivar una actitud más positiva hacia sí mismos y hacia los demás (Ureña y Peralta, 2023).

En este sentido, se enfatiza la importancia de la preparación integral de los docentes y la aplicación de métodos apropiados para guiar a los alumnos y lograr cambios positivos en su formación. La efectiva implementación de programas de educación no solo promoverá el desarrollo integral de los estudiantes, sino que también los preparará para enfrentar los desafíos emocionales y sociales en su vida personal y académica, mejorando así su calidad de vida.

Conclusiones

Las conclusiones de este estudio sobre el uso de herramientas socioemocionales por parte de los docentes y su influencia en los procesos de enseñanza-aprendizaje subrayan hallazgos significativos que enfatizan la importancia de la educación socioemocional en el ámbito educativo.

Se observó que los docentes no solo reconocen la importancia de las habilidades socioemocionales, sino que aplican estrategias efectivas que han demostrado mejorar el ambiente de aprendizaje. Este hallazgo destaca la necesidad de un enfoque educativo equilibrado que abarque tanto el contenido académico como el crecimiento emocional y social de los estudiantes.

El estudio resalta el papel crucial de los docentes comprometidos con el bienestar socioemocional de sus alumnos. Estos docentes crean un entorno de apoyo y fomentan interacciones receptivas, lo que es esencial para el desarrollo de habilidades socioemocionales en los estudiantes. La integración de la educación socioemocional en la formación docente y la implementación de estrategias efectivas en el sistema educativo se presentan como soluciones necesarias para abordar las diferencias en la inteligencia emocional de los estudiantes y promover su desarrollo integral.

La elección adecuada de recursos y enfoques pedagógicos tiene un impacto significativo en la percepción de seguridad y la gestión del estrés de los estudiantes, así como en el desarrollo de habilidades esenciales para la vida. El estudio también identificó desafíos emocionales y conductuales en algunos estudiantes, lo que subraya la necesidad de intervenciones tempranas y efectivas en el contexto educativo.

La implementación de un Manual de Herramientas Socioemocionales se ha identificado como un recurso valioso para apoyar a los docentes en la incorporación efectiva de habilidades socioemocionales en el entorno educativo. Entre los beneficios observados de la educación socioemocional se incluyen la mejora del bienestar emocional individual y el éxito académico de los estudiantes. Para obtener más información, se puede consultar el Manual de Herramientas Socioemocionales.

Referencias

- Aguilar Correa, C., Farías Farías, B. B., Fuentes Savoy, M. P., Miranda Núñez, P. I., & Pérez Pérez, M. I. (2023). Bienestar socioemocional en contexto de pandemia y virtualidad: una aproximación a padres, madres, profesorado y estudiantado de educación primaria en Chile. *Revista Educación*, 47, 0–18. <https://doi.org/10.15517/revedu.v47i1.52029>
- Alvarado Ruiz, O. E., Pérez de la Cruz, M., Whitle Hoil, A. C., Selván García, C. M., & Landero de la Cruz, M. A. (2023). Las Habilidades Socioemocionales como engrane fundamental en el ser y quehacer de la Educación Media Superior: Socioemotional Skills as a fundamental gear in the being and work of

- Higher Secondary Education. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.432>
- Alvarez Bolaños, E. (2020). Educación socioemocional. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(20), 388–401. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=588663787023>
- Barría-Herrera, P., Améstica-Abarca, J. M., & Miranda-Jaña, C. (2021). Educación socioemocional: discutiendo su implementación en el contexto educativo chileno. *Revista Saberes Educativos*, 6, 59. <https://doi.org/10.5354/2452-5014.2021.60684>
- Bisquerra, R., & Chao, C. (2021). Educación emocional y bienestar: por una práctica científicamente fundamentada. *Revista Internacional de Educación Emocional y Bienestar*, 1(1), 9–29.
- Brito Sánchez, A. I., Vargas Jiménez, R., Castillo Sotelo, M., & Berra Ruiz, E. (2022). La formación socioemocional: una necesidad en los docentes de todos los niveles educativos. *Enseñanza e Investigación En Psicología Nueva Época*, 4(3), 651-663. <https://revistacneipne.org/index.php/cneip/article/view/163>.
- De Franco, M. F., & Solórzano, J. L. V. (2020). Paradigmas, enfoques y métodos de investigación: análisis teórico. *Mundo Recursivo*, 3(1), 1–24. <https://www.atlantic.edu.ec/ojs/index.php/mundor/article/view/38>
- Domínguez, Carlos, M., & Rodríguez, P. (n.d.). *Transformación educativa*. 1–62.
- Fernández Berrocal, P., & Cabello, R. (2021). La inteligencia emocional como fundamento de la educación emocional. • *Enero-Junio*, 31–46.
- Figueroa-Céspedes, I., Navarrete, L., & Dufrax, I. (2023). ¿Qué interacciones pedagógicas ofrecen los “buenos profesores”? una mirada desde la voz del estudiantado. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH*, 14, 1–25. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v14i0.1621
- Gallardo, G. (2021). *Lineamientos para el apoyo socioemocional en las comunidades educativas*. [https://www.unicef.org/chile/media/5701/file/Sostener cuidar .pdf](https://www.unicef.org/chile/media/5701/file/Sostener%20cuidar.pdf)
- Gomez Osorio, L. A., Vidanovic Geremich, A., & Finol De Franco, M. (2021). Elementos del proceso de enseñanza – aprendizaje y su interacción en el ámbito educativo. *Qualitas Revista Científica*, 23(23), 1–11. <https://doi.org/10.55867/qual23.01>
- Gutiérrez, A., & Buitrago, S. (2019). Las habilidades socioemocionales en los docentes: herramientas de paz en la escuela. *Praxis & Saber*, 10(24), 167–192. <http://www.scielo.org.co/pdf/prasa/v10n24/2216-0159-prasa-10-24-167.pdf>
- Hernández-Sampieri, R. (2018). Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. In *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. <https://shorturl.at/mwS39>
- Hernández, H. M. L., & Romero, G. H. (2020). Influencia del Liderazgo docente en la motivación de universitarios. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, 13, 1–16. <https://doi.org/10.46661/ijeri.4582>
- Lalomia, A., & Cascales, A. (2023). Análisis de prácticas de educación socioemocional a través de un modelo de trabajo de job shadowing en escuelas del Norte Europa. *Revista Internacional de Educación Emocional y Bienestar*, 3(1), 85–118. <https://doi.org/10.48102/rieeb.2023.3.1.47>
- López Elias, M. J. (2023). *El uso de TIC y la falta de herramientas socioemocionales en los docentes durante la pandemia*. (pp. 1–80). <https://hdl.handle.net/11285/650832>
- Loza, E. I., & Pino, A. I. (2022). La Neurociencia Social como Herramienta para el Desarrollo de Habilidades Socioemocionales. *Polo del conocimiento*. 7(4), 1319–1336. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3892>
- Martínez, P. L. (2023). Pedagogía con corazón: el aprendizaje socioemocional con el modelo HEART in Mind©. *Revista Internacional de Educación Emocional y Bienestar*, 3(2), 13–34. <https://doi.org/10.48102/rieeb.2023.3.2.53>

- Martínez Soto, A. F., & Emynick Cervantes, C. (2023). Educación para la resiliencia, un primer paso ante el regreso a clases presenciales en la pandemia por COVID-19. Identificación de factores socioemocionales que afectaron al alumnado. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 238–258. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.608>
- Mendoza, S. L. H., & Avila, D. D. (2020). Data collection techniques and instruments. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 9(17), 51–53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678%0A%0A>
- Mieles, G., & Moya, M. (2021). La gamificación como estrategia para la estimulación de las inteligencias múltiples. *Polo Del Conocimiento*, 6(1), 111–129. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i11.2128>
- Milicic, N., & Marchant, T. (2020). Educación Emocional en el sistema escolar chileno: un desafío pendiente. *Horizontes y Propuestas Para Trasformar El Sistema Educativo Chileno*, 52–77.
- MINEDUC. (2020). Juntos Aprendemos y nos cuidamos. Plan Educativo CoVid-19 Sección 5 Socioemocional. *Ministerio de Educación Del Ecuador*, 1–40. https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/09/Seccion-5_Socioemocional.pdf
- MINEDUC. (2021). *Currículo priorizado* (pp. 1–109).
- Polo, R., & Leyva, M. (2020). *Habilidades socioemocionales asociadas a logros en el aprendizaje de los educandos*. *Ciencias pedagógicas*. 1(1), 191–200. <http://www.cienciaspedagogicas.rimed.cu/ICCP/article/view/231>
- Quezadas Barahona, A. L., Baeza Sosa, E., Ovando Torres, J. C., Gómez Gallardo, C. del C., & Bracqbien Noygues, C. S. (2023). Educación para la resiliencia, un análisis desde la perspectiva de niñas, niños y docentes. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 53(1), 155–178. <https://doi.org/10.48102/rlee.2023.53.1.534>
- Ramos, V. L., & Tosina, R. Y. (2023). *BIENESTAR PSICOLÓGICO Y SALUD MENTAL* (Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones, España)
- Reyes María. (2021). Literature Review of Emotional Intelligence and Mental Health. *Literature Review of Emotional Intelligence and Mental Health. International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 5(7), 658-668., 25, 1–49. http://www.who.int/topics/mental_health/es/
- Sabino, C. . (2023). the Vocation, Key To Resilience in the Teaching Profession. *Holos (Natal, RN)*, 2023(2), 1–18. <https://doi.org/10.15628/holos.2023.15185>
- Salvo-Garrido, S. I., Gálvez-Nieto, J. L., & Martín-Parihuén, S. S. (2021). Academic resilience: Understanding family relationships that promote it. *Revista Electronica Educare*, 25(2), 1–18. <https://doi.org/10.15359/ree.25-2.20>
- Tur-Porcar, A. M., Llorca-Mestre, A., & Mestre-Escrivá, V. (2021). Agresividad, inestabilidad y educación socioemocional en un entorno inclusivo. In *Comunicar* (Vol. 29, Issue 66, pp. 46–55).
- UNESCO. (2016). Declaración de Incheon y Marco de Acción. *Unescodoc*, 1–84. <https://n9.cl/v6fyj>
- Ureña, S. R. S., & Peralta, R. C. T. (2023). La importancia de la educación emocional en la formación integral de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1398–1413. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6285
- Vásquez, D. L. E., & Cabrera, C. A. (2022). Los juegos lúdico-cooperativos, como una estrategia favorable para las relaciones personales entre estudiantes. *Revista UNIMAR*, 40(1), 54–75. <https://doi.org/10.31948/rev.unimar/unimar40-1-art3>
- Zúñiga, J. O., Lara, G. A. G., & Pérez, O. C. (2019). Propiedades Psicométricas del Trait Meta-Mood Scale (TMMS-24) en Adolescentes de Chiapas, México. *European Scientific Journal ESJ*, 15(16), 280–294. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n16p280>

Prototipo de herramienta web para la intervención y estimulación psicopedagógica de niños con TDAH

Prototype of a web tool for psycho-pedagogical intervention and stimulation of children with ADHD

Cristóbal Jonathan Ríos Simancas¹ <https://orcid.org/0000-0002-1668-6989>,
Genoveva Suing-Albito¹ <https://orcid.org/0000-0003-0281-3147>, Blanca Lucía Iñiguez Auquilla²
<https://orcid.org/0000-0002-6034-1283>

¹Universidad Nacional de Loja, Carrera de Computación, Loja, Ecuador
cristobal.rios@unl.edu.ec, genoveva.suing@unl.edu.ec

²Universidad Nacional de Loja, Carrera de Psicopedagogía, Loja, Ecuador
lucia.iniguez@unl.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/04/12

Aceptado: 2024/06/21

Publicado: 2024/06/30

Resumen

Las herramientas digitales para estudiantes con TDAH, han sido escasamente implementadas en la educación actual debido a los desafíos que supone. De modo que, una investigación rigurosa, desde la perspectiva del desarrollo de aplicaciones web, fortalecerá el proceso formativo estudiantil. En la presente investigación se desarrolló un prototipo de plataforma web para automatizar la intervención psicopedagógica en niños de 5 a 12 años con TDAH, con la finalidad de evaluar cómo esta herramienta contribuye al proceso de estimulación psicopedagógica. El prototipo se desarrolló utilizando la metodología XP dividida en dos fases generales y técnicas de entrevista semiestructura y encuesta estructurada para recopilar información relevante. La primera fase general fue la construcción del prototipo que abarcó la aplicación de la técnica de entrevista para obtener los requerimientos de sistema y el modelo de procesos BPMN del enfoque pedagógico general. Así mismo, se elaboró el diseño de interfaces, diseño de arquitectura y, finalmente, el desarrollo del prototipo. Luego, la segunda fase se centró en evaluar el sistema a través de pruebas de aceptación, así como pruebas de carga y estrés. Finalmente, se llevó a cabo la evaluación de usabilidad teniendo como guía la norma ISO 25010 e ISO 25040. Así pues, se obtuvo una medida de usabilidad de “buena”,

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión de Resultados y Conclusiones.

Como citar: Ríos, C., Suing-Albito, G. & Iñiguez, B. (2024). Prototipo de herramienta web para la intervención y estimulación psicopedagógica de niños con TDAH. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 98-122. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1162>

definida acorde a los criterios de decisión, lo que permite inferir el impacto de la implementación de herramientas web.

Palabras clave: Adaptaciones curriculares, BPMN, django, iso 25010, metodología xp.

Abstract

Digital tools for students with ADHD have been scarcely implemented in current education due to the challenges they pose. Therefore, rigorous research, from the perspective of web application development, will strengthen students' formative process. In the present study, a web platform prototype was developed to automate the process of psycho-pedagogical intervention in children aged 5 and 12 with ADHD, focused on evaluating how this tool contributes to the process of psycho-pedagogical stimulation. The prototype was developed using XP methodology divided into two general phases and semi-structured interview techniques and structured surveys to gather relevant information. The first general phase involved the construction of the prototype, which included applying the interviews to obtain the system requirements and the BPMN process model of the general pedagogical approach. Interface design, architecture design, and prototype development were also carried out. The second general phase evaluated the system through acceptance and load and stress tests. Finally, usability evaluation was conducted following ISO 25010 and ISO 25040 standards. The usability measure obtained was "good," defined according to decision criteria, allowing us to infer the impact of implementing web tools.

Keywords: curricular adaptations, BPMN, Django, ISO 25010, XP methodology.

Introducción

El proceso actual de intervención y estimulación psicopedagógica para niños con trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH) necesita de una reevaluación en los entornos escolares, debido al trabajo deficiente que existe con estos dentro del entorno (López et al., 2023). El trastorno del neurodesarrollo, caracterizado por la presencia de inatención, hiperactividad e impulsividad (Hicks et al., 2021; Jiang et al., 2020; Olvera et al., 2010), requiere de una nueva aplicación de paradigma. Este propone la incorporación de herramientas web para fortalecer el proceso formativo de los niños, también mencionados como estudiantes, con edades comprendidas entre 5 y 12 años, y facilitar las operaciones de los docentes y/o especialistas encargados. Puesto que, el proceso tradicional de educación es cuestionado por la falta de compromiso por parte de las instituciones educativas y, en algunos casos, por parte de los docentes, en cuanto a la inclusión de los estudiantes en el aula de clases (Gavilánez, 2022; López et al., 2023). En adición, debido a la falta de herramientas web libres que proporcionen contenido de estudio a los docentes (Rojas y Aucancela, 2021). En este sentido, este cambio de paradigma resulta importante ya que posibilita que se alcance un nivel de aprendizaje considerable por parte de los estudiantes, además de fortalecer sus habilidades, desenvolverse con independencia y participar en clases.

Este estudio surge del propósito de desarrollar un prototipo web, capaz de cumplir con las necesidades educativas específicas de los estudiantes con TDAH y, que contribuya en el proceso de abarcar buenas prácticas de las adaptaciones curriculares (López et al., 2023; Lozada-manzano et al., 2021); por lo tanto, se enfoca en cuatro áreas específicas de intervención, tales como cognitiva, sensorial, lingüístico y psicomotriz, las cuales se definieron con la participación de los expertos. Estas variables guiaron la creación de actividades necesarias para abordar el proceso, dotar del material de estudio y promover el acceso a una herramienta libre y gratuita.

En relación a estudios de la misma línea, se reconoce que Santamaría et al. (2015) y Expósito (2019), diseñaron herramientas *web* enfocadas en la intervención de niños con TDAH. Sin embargo, sus enfoques se limitan principalmente a aspectos educativos específicos. Por ejemplo, el primero se centra en proporcionar juegos y actividades para mejorar la atención y la memoria; mientras que el segundo como se presenta como una herramienta para la detección y diagnóstico temprano del trastorno, incluyendo actividades de cognición y juegos sencillos; en este mismo sentido, la aplicación de cuentos interactivos muestra su perspectiva de intervención mediante el uso de *Serious Games*, basándose en la narración de cuentos y actividades de tipo cognitivo (Vaca et al., 2022), mientras que el estudio de Torre y Shirley (2020) busca el desarrollo de capacidades como la atención enfocada, atención sostenida, atención selectiva, atención alternada y atención dividida.

De modo que, la integración de aplicaciones *web* en el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica, se convierte en un factor esencial para lograr resultados significativos en el proceso de enseñanza (Cerna-Salirrosas y Maguiña, 2022); además, según Saravia y Pedreros (2013) al utilizar nuevas tecnologías para implementar las adaptaciones curriculares, no solo se prevé satisfacer las necesidades educativas, sino que se fomenta la inclusión a través de recursos flexibles, gratuitos y personalizados.

Para el desarrollo de la presente investigación se plantearon dos objetivos específicos que contribuyeron a alcanzar el objetivo general el cual es desarrollar un prototipo de plataforma *web* para automatizar el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica para niños entre 5 y 12 años de edad con grado 2 y grado 3 de TDAH. Los objetivos específicos comprenden los siguientes: Desarrollar el prototipo de la plataforma *web* para automatizar el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica para niños con trastorno de TDAH a base de la metodología XP; y, evaluar la usabilidad del prototipo de la plataforma *web* para el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica para niños con trastorno de TDAH, en un ambiente controlado, según la norma ISO 25010.

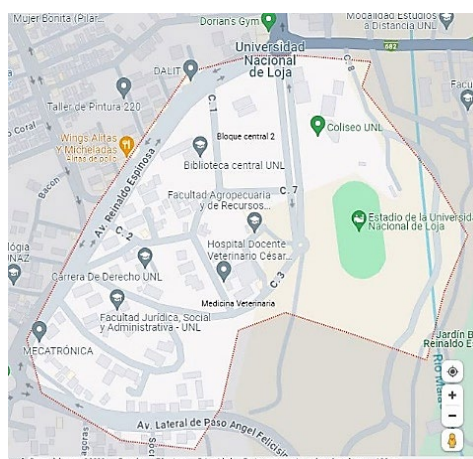
El procedimiento y actividades empleadas para abordar la construcción del prototipo, los métodos empleados para la recopilación de información, el área de estudio y normas implementadas para el proceso de evaluación, se describen en la sección de Materiales y Métodos. En la sección de Resultados y Discusión, se detallan los principales hallazgos al llevar a cabo cada una de las actividades descritas previamente, el proceso de construcción del prototipo y las pruebas efectuadas durante el proceso de intervención psicopedagógica de niños con TDAH en un rango de 5 y 12 años de edad. Finalmente, se exponen las conclusiones obtenidas con la ejecución de la presente investigación.

Materiales y Métodos

En esta sección, se muestra el área de estudio, el enfoque de las adaptaciones curriculares a través de las herramientas *web*, la metodología Xtreme Programming (XP), la selección de la muestra, las técnicas y métodos implementados, el estándar IEEE 830, la arquitectura de software cliente-servidor, la norma ISO/IEC 25010 e ISO/IEC 25040 para la evaluación de usabilidad.

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Loja que se ubica en la intersección de la Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa, en el sector “La Argelia,” en la ciudad de Loja. Las coordenadas son: latitud -4,03575° Sur, longitud -79,20166° Oeste (Figura 1).

Figura 1*Ubicación geográfica de la Universidad Nacional de Loja***Adaptaciones curriculares y las herramientas web**

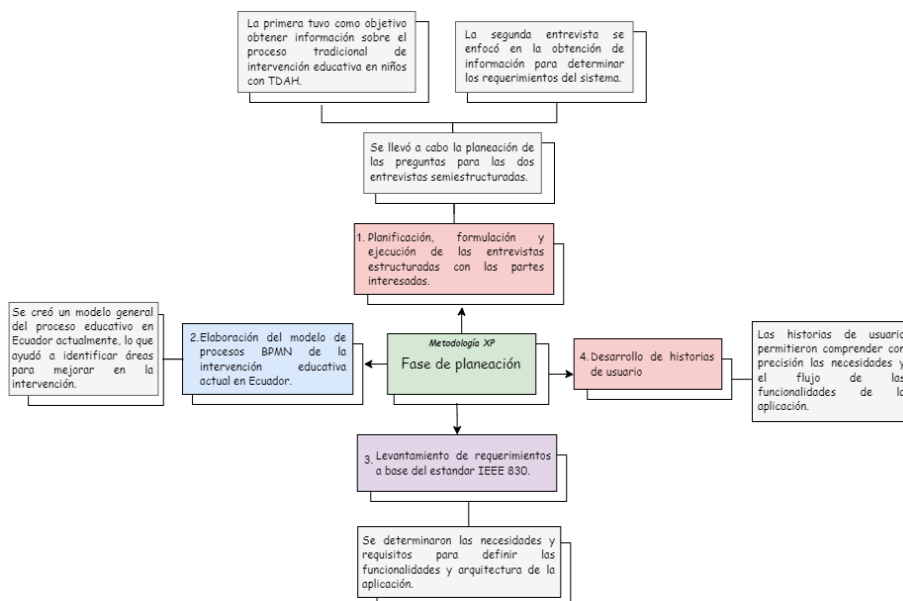
Las adaptaciones a nivel de las actividades permiten ajustar o modificar los contenidos de estudio para satisfacer las necesidades educativas específicas de los estudiantes diagnosticados con TDAH. Adaptar las actividades las hace accesibles y fáciles de aprender para los estudiantes, además, la integración de las TIC, y específicamente el uso de herramientas *web*, permite la creación de actividades interactivas y dinámicas que se ajustan en tiempo real al progreso y estilo de aprendizaje del estudiante; por ejemplo, el presente estudio aborda diferentes actividades en cuatro áreas de aprendizaje: cognitiva, sensorial, lingüística y psicomotriz, aprovechando la capacidad de aprendizaje ofrecida por parte de dispositivos digitales para potenciar la intervención.

Metodología XP

A continuación, se describen las actividades que permitieron construir y evaluar el prototipo para el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica de niños con TDAH.

Fase de planeación

La Figura 2 presenta las actividades de esta fase.

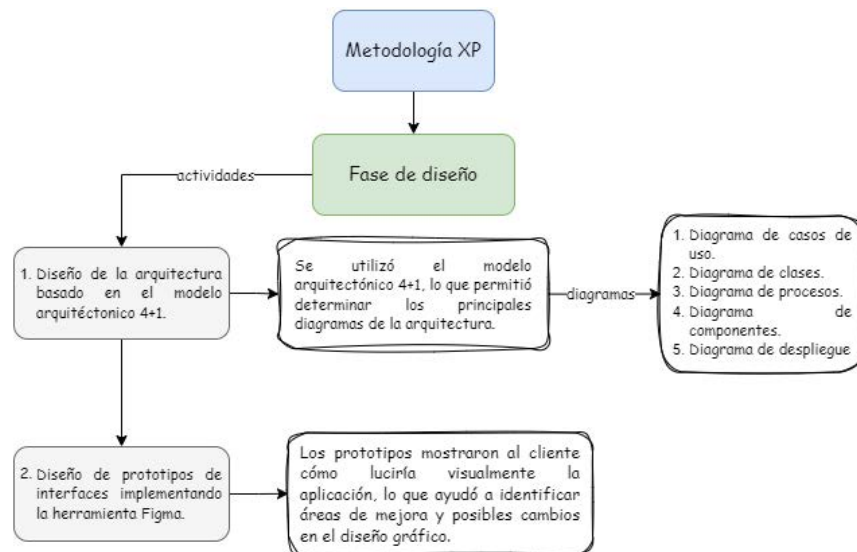
Figura 2*Actividades de la fase de planeación*

Fase de diseño

La Figura 3 exhibe las actividades en esta fase.

Figura 3

Actividades de la fase de diseño

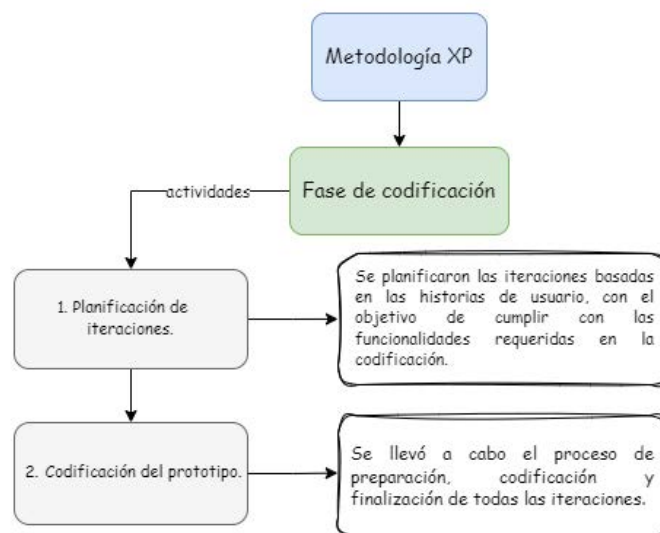


Fase de codificación

La Figura 4 muestra las actividades en esta fase.

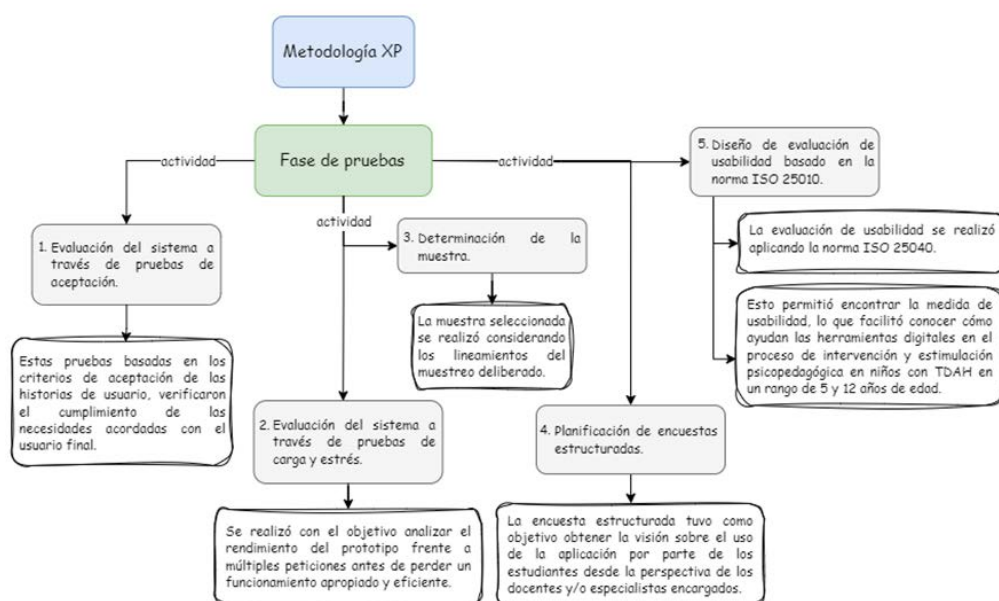
Figura 4

Actividades de la fase de codificación



Fase de pruebas

La Figura 5 presenta las actividades en esta fase.

Figura 5*Actividades de la fase de pruebas***Selección de la muestra**

La selección de la muestra se realizó tomando en cuenta los lineamientos del muestreo no probabilístico llamado muestreo deliberado, crítico o por juicio. Este método se aplicó aprovechando la capacidad de seleccionar sujetos de prueba que se ajustan a un conjunto específico de características (Bernard, 2018; Wolf et al., 2016); por lo tanto, la muestra de estudiantes fue seleccionada considerando las variables mostradas en la Tabla 1 y como resultado se determinó un total de 13 estudiantes con TDAH, con edades de entre 5 y 12 años, así como 2 especialistas respectivamente.

Tabla 1*Variables para el muestreo deliberado*

VARIABLES PARA SELECCIÓN DE LA MUESTRA
Apertura de las instituciones educativas.
Presencia de DECE en las instituciones.
Decisión de apertura del Departamento de Consejería Estudiantil (DECE).
Estudiante diagnosticado con TDAH en grado 2 y 3.
Disposición de los estudiantes.

Recursos técnicos**Entrevista semiestructurada**

La técnica fue utilizada debido a la facilidad para abordar temas importantes durante la conversación y así abarcar respuestas con un mayor detalle; por lo tanto, permitió adquirir información sobre el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica, conocer las formas de aprendizaje y contemplar las necesidades de automatización. Se destaca que las

interrogantes base fueron elaboradas por los investigadores, mientras que las demás surgieron durante la entrevista.

Encuesta estructurada

Se utilizó este método para recopilar información sobre la aceptación del prototipo *web*, en relación al uso y capacidades ofrecidas para los estudiantes en el proceso educativo. El cuestionario fue respondido por los encargados y/o especialistas en las áreas designadas.

Recursos científicos

Revisión bibliográfica

La técnica facilitó la búsqueda de información en diversas fuentes científicas como IEEE Xplore, Scopus, Scielo y Dialnet; incluyendo libros, artículos de revista y conferencia, tesis de grado y de máster, y otras fuentes de información dentro del marco de estudio.

Estándar IEEE 830

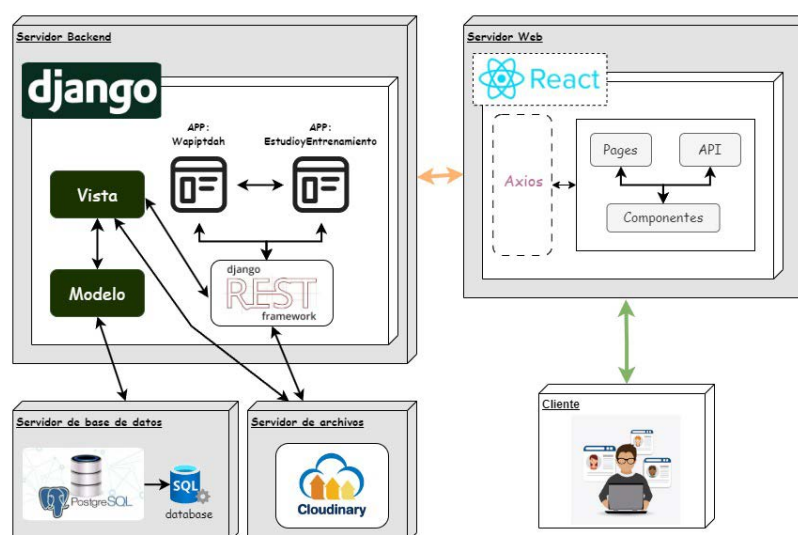
El estándar IEEE 830 facilitó la determinación de los requerimientos de software de los usuarios finales y las necesidades para cada una de las funcionalidades. Esto garantizó la coherencia, calidad y el seguimiento de los requisitos durante el ciclo de vida del *software*.

Arquitectura cliente-servidor

Se implementó la arquitectura cliente-servidor, debido a su capacidad para distribuir de manera eficiente las tareas y los recursos entre el cliente y el servidor (Malik et al., 2016). La Figura 6 presenta los componentes de la arquitectura, destacando el *backend* desarrollado en el *framework* Django, que incluye modelos y vistas que interactúan con la base de datos PostgreSQL y el almacenamiento en el servicio Cloudinary. Además, el *frontend* se construyó con la biblioteca React, la cual es usada por el cliente al interactuar con las diferentes páginas y ventanas.

Figura 6

Arquitectura cliente-servidor del aplicativo web



Norma ISO/IEC 25010

De acuerdo a Díaz y Luján (2022), el valor de una herramienta de *software* se puede definir como el nivel del cumplimiento de los requerimientos de los usuarios asignando un valor; por lo tanto, la aplicación de la norma, permitió reconocer las capacidades ofrecidas por parte del sistema, respecto al abordaje del proceso de intervención en niños con TDAH,

obteniendo una valoración de buena o alta calidad, según los criterios de decisión de las métricas. Este proceso se logró con la implementación de actividades personalizadas en las cuatro áreas de aprendizaje: cognitiva, sensorial, psicomotriz y lingüística; las cuales se definieron con los expertos.

Norma ISO/IEC 25040

Según Dhouib et al. (2021) la norma ISO 25040 sugiere un plan de evaluación que consiste en dividir el trabajo en diferentes etapas con sus actividades. Por lo tanto, su implementación permitió establecer el proceso de evaluación de usabilidad, la cual se divide en cuatro secciones tales como introducción, planificación, metodología y ejecución, para abordar el problema de investigación planteado.

Resultados

A continuación, se destacan los hallazgos relevantes durante el proceso en cada una de las fases de la metodología XP.

Fase de planeación

Se elaboraron las preguntas de las entrevistas semiestructuradas para recopilar la información sobre el proceso de estudio de niños con TDAH y los requisitos del sistema. La Tabla 2 presenta las preguntas de una de las entrevistas, la cual ayudó en el conocimiento del proceso educativo, donde se destaca un total de 7 interrogantes.

Tabla 2

Preguntas de entrevista para el reconocimiento del proceso de intervención

NRO	CONTENIDO DE PREGUNTA
Pregunta 1	¿En qué consiste un proceso de estimulación e intervención psicopedagógica para personas con TDAH?
Pregunta 2	¿Cuál es la metodología de estudio aplicada para el proceso de estimulación?
Pregunta 3	¿Considera que los materiales implementados de manera tradicional en el proceso de estimulación requieren una nueva manera de ser impartidos?
Pregunta 4	¿Qué necesidades educativas especiales se requieren para un proceso de estimulación adecuado para personas con TDAH?
Pregunta 5	¿Cuáles son los niveles o aspectos específicos que se deben considerar para un proceso de estimulación adecuado para personas con TDAH?
Pregunta 6	¿Incluyen estos niveles la realización de pruebas específicas, cuáles son y cuáles se deben considerar para digitalizar?
Pregunta 7	¿A qué rango de edades estaría enfocado la digitación de los procesos de estimulación?

La ejecución de las entrevistas facilitó la construcción, mediante notación BPMN, del modelo del proceso educativo general en Ecuador. El proceso de intervención y estimulación abarca la colaboración de distintos personajes los cuales son estudiantes, docentes, psicólogos y psicopedagogos. Este proceso global se estructura en tres fases consecutivas: la fase de diagnóstico, la fase de planificación y culminando con la fase de intervención y estimulación; las cuales se describen brevemente en la Figura 7. La Figura 8 presenta una sección del modelado, donde se destaca la primera parte dentro del proceso, la cual refiere a la etapa de evaluación y diagnóstico del estudiante.

Figura 7

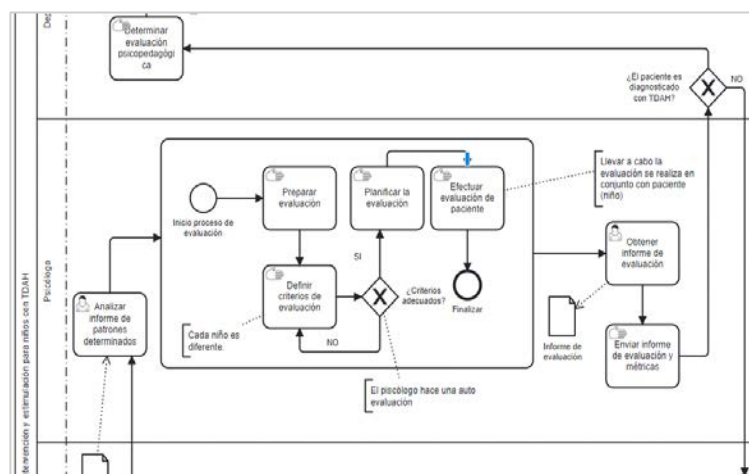
Esquema de proceso del modelo BPMN



Para acceder al modelo BPMN seguir el siguiente enlace:
<https://drive.google.com/file/d/1n-xjK6YDtHDGZsaEnq-N0dxuikkP3Aym/view?usp=sharing>.

Figura 8

Modelado de proceso tradicional de intervención



De la misma manera, las entrevistas facilitaron el establecimiento de los requisitos funcionales y no funcionales. Esta especificación permitió comprender con claridad las necesidades de las partes interesadas, las cuales se documentaron según el estándar IEEE 830. Para fines de conocimiento, la Tabla 3 muestra en resumen los requisitos funcionales, los cuales representan las necesidades específicas del usuario final con su respectiva prioridad, la misma que determina su importancia durante el ciclo de vida de desarrollo de software.

Tabla 3

Requerimientos funcionales del prototipo web

IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD
RF01	Inicio de sesión	Alta

IDENTIFICADOR	NOMBRE	PRIORIDAD
RF02	Administrar cuenta	Alta
RF03	Administrar nivel TDAH	Alta
RF04	Administrar domino	Alta
RF05	Notificar petición	Alta
RF06	Verificación de la petición	Medio
RF07	Notificar decisión	Medio
RF08	Administrar contenido	Alta
RF09	Administrar reportes	Medio
RF10	Administrar resultados	Alta
RF11	Administrar sala	Medio
RF12	Administrar curso	Alta
RF13	Buscar registros	Medio
RF14	Recuperar cuenta	Alta
RF15	Administrar petición	Alta

El desarrollo de las historias de usuario permitió al investigador describir las características y el comportamiento que el sistema debe poseer, tanto para requerimientos funcionales como no funcionales; por lo tanto, para el presente estudio se determinaron 48 historias de usuario. En este sentido, la Figura 9 presenta el modelo para la modificación de los datos de una cuenta, la cual consta de apartados importantes tales como prioridad en negocio, riesgo en desarrollo, la descripción y los criterios de aceptación. Para acceder a la documentación de las historias de usuario seguir el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1ISNXL2-v7sPeB3-PdCsMftarsfcteHv9/view?usp=sharing>.

Figura 9

Modelo de historia de usuario - Modificar datos de cuenta

Historia de usuario			
ID: H003	Modificar datos de cuenta		
Usuario/Rol	Todos los usuarios	Prioridad en negocio	Media
Iteración	2	Riesgo en desarrollo	Alta
Referencia de requerimiento		RF-3	
Descripción	Como usuario, quiero ser capaz de modificar los datos de la cuenta registrada, para de esta forma cambiar la información de registro de la cuenta.		
Nro	Escenario	Criterio de aceptación	
1	Modificación de datos de cuenta personal	• Debe existir la opción de modificar la información de la cuenta personal. • Se deben proporcionar mensajes de ayuda para guiar en el proceso de modificación. • Se debe mostrar un panel de confirmación para la operación. • Existirá la forma de cancelar la operación. • Se presentará un formulario sencillo en el cual el usuario pueda ingresar los siguientes campos: nombre, apellido, número de celular y fecha de nacimiento. • Dependiendo del tipo de usuario, se mostrarán los campos correspondientes. • Para los usuarios comunes se mostrarán todos los campos modificables: área de estudio y género. • Para los usuarios técnicos se mostrará el campo de área de operación. • Para los estudiantes se mostrarán los campos de dirección y contacto de emergencia. • Se deben mostrar mensajes de error en caso de no rellenar los campos del formulario.	

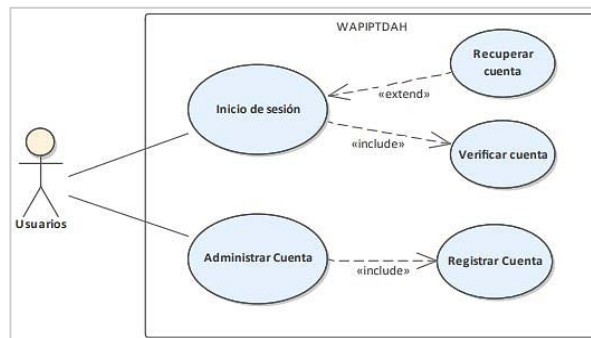
Fase de diseño

Durante esta fase, se desarrolló la arquitectura de la aplicación basada en una adaptación del modelo arquitectónico 4+1, que facilitó la representación de los componentes. En esta arquitectura se utilizó diagramas tales como diagrama de casos de uso (Figura 10), diagrama de clase (Figura 11) y diagrama de componentes (Figura 12). El desarrollo de los diagramas proporcionó una visión clara de la arquitectura general de la aplicación, la cual se diseñó siguiendo el modelo cliente-servidor detallado en la Figura 3.

La Figura 10 muestra el diagrama de casos de uso para los usuarios no autenticados, el cual presenta el escenario con su respectivo actor.

Figura 10

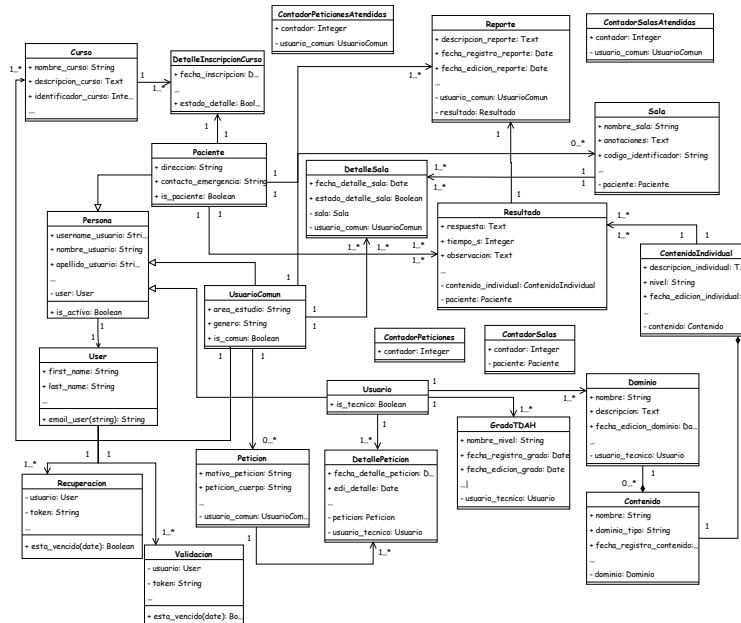
Diagrama de casos de uso para usuarios no autenticados



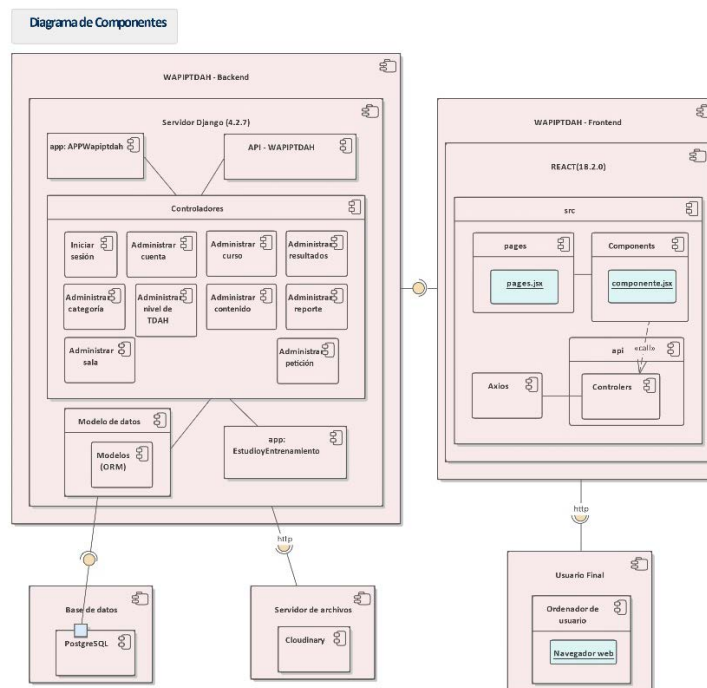
La Figura 11 presenta el diagrama de clases del prototipo, el cual representa la estructura y comportamiento de las clases con sus respectivas relaciones.

Figura 11

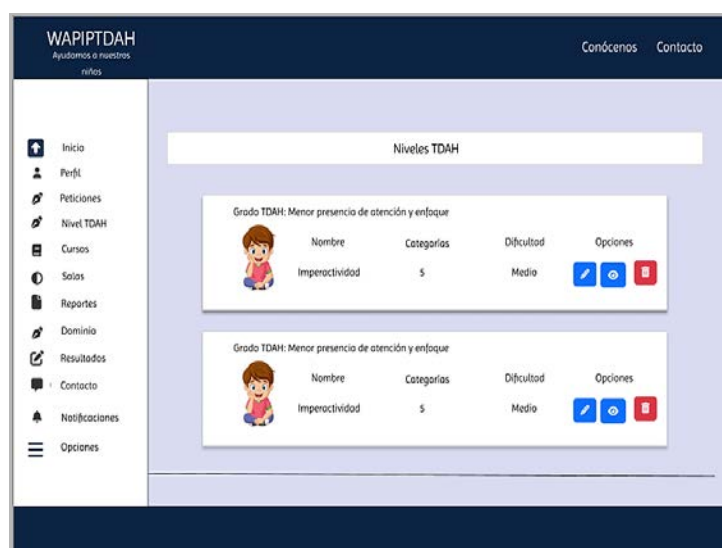
Diagrama de clases del sistema



La Figura 12 muestra el diagrama de componentes del sistema mediante un diseño estático que clarifica las relaciones entre los componentes individuales.

Figura 12*Diagrama de componentes del sistema*

Se diseñaron los prototipos de interfaces con la herramienta web Figma para mostrar la apariencia gráfica general de las ventanas de la aplicación. La Figura 13 muestra el prototipo de ventana correspondiente a la pantalla principal para los registros de nivel de TDAH, destacando el panel izquierdo con las opciones de operación, la barra superior con el nombre de la aplicación e información de contacto, y el panel central que muestra la información del registro del nivel de TDAH.

Figura 13*Prototipo de la página principal del usuario con los registros de nivel de TDAH*

Fase de codificación

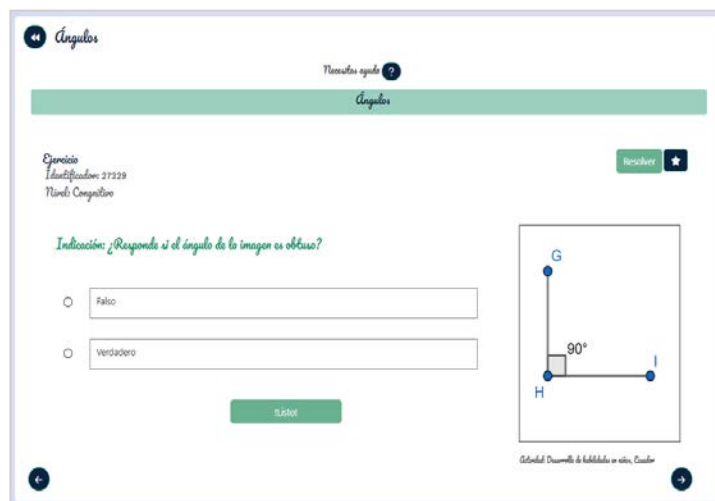
Durante esta fase, se elaboró la planificación de las iteraciones, con la finalidad de separar las funcionalidades que fueron codificadas durante el proceso de desarrollo del

prototipo. En este sentido, se determinó un total de 11 iteraciones las cuales abarcaron las 48 historias de usuario establecidas con las partes interesadas. Esto permitió dar inicio al proceso de construcción del sistema, el cual siguió las normas de codificación establecidas por la metodología XP. Es importante destacar que la estructura de los módulos se compone por dos aplicaciones del lado del *backend* y una aplicación del lado del *frontend*, siguiendo la arquitectura MVC del diagrama de componentes (Figura 12) y, finalmente, logrando la arquitectura cliente-servidor (Figura 3).

En este proceso se destaca que se elaboraron nueve tipos distintos de contenido, identificados como selección individual, verdadero o falso, selección múltiple, respuesta a preguntas, colorear imágenes, seleccionar imágenes, lectura comprensiva, selección individual a través de imágenes y pictogramas. Estos contenidos permitieron abordar el proceso de intervención y estimulación, el cual se evaluó en la fase de pruebas. Como ejemplo, la Figura 14 exhibe la representación de la actividad de selección de verdadero o falso. En la mencionada representación, se incluye la parte visual, que consiste en una imagen que ilustra la actividad, así como la indicación didáctica, las dos opciones de respuesta y el botón de resolución.

Figura 14

Actividad de selección de verdadero o falso



Fase de pruebas

Durante esta fase, se llevó a cabo las pruebas de aceptación sobre el prototipo para verificar el cumplimiento de las necesidades del cliente. Inicialmente se obtuvo un cumplimiento del 80% de las necesidades durante la revisión con la parte interesada; sin embargo, luego de la etapa de validación se logró alcanzar el 92% de cumplimiento.

Así mismo, en las pruebas de carga y estrés se utilizó la herramienta JMeter, la cual permitió medir y analizar el rendimiento del prototipo *web* mediante la configuración de peticiones GET, POST, PUT, DELETE, entre otros. En estas pruebas, se destaca que se ejecutaron 1000 peticiones por cada una de las 13 configuraciones, dando un total de 13000 concurrencias, donde se resalta el porcentaje de error promedio encontrado equivalente al 9.08% (Figura 15). Estos resultados demuestran que, el prototipo es capaz de soportar hasta 1000 peticiones por segundo antes de perder rendimiento de manera simultánea.

Figura 15
Resultados de pruebas de carga y estrés

Summary Report

Name: Reporte resumen

Comments: Resumen de las peticiones realizadas a WAPI/TDAH

Write results to file / Read from file

Filename: Browse... Log/Display Only: ☐ Errors ☐ Successes

Label	# Samples	Average	Min	Max	Std. Dev.	Error %	Throughput	Received KB/...	Sent KB/sec	Avg. Bytes
Petición logi...	1000	10736	2049	25889	5852.37	16.20%	33.1/sec	40.09	8.81	1238.9
Petición post ...	1000	1311	492	6901	995.90	0.00%	35.2/sec	29.85	14.89	868.0
Petición lista...	1000	1524	354	21493	1479.66	0.40%	31.7/sec	26.65	9.63	860.3
Petición post ...	1000	905	250	5843	444.11	0.00%	36.0/sec	30.84	34.60	877.0
Petición perfil	1000	1235	345	21555	1428.08	0.40%	37.8/sec	31.63	11.24	857.3
Petición lista...	1000	702	252	3619	387.77	0.00%	39.6/sec	33.10	12.23	855.0
Petición post ...	1000	605	254	3280	254.43	0.10%	40.9/sec	35.14	62.50	880.8
Petición lista...	1000	1151	358	21493	2072.89	1.00%	42.3/sec	36.89	14.56	893.1
Petición post ...	1000	362	151	2595	226.62	100.00%	43.6/sec	5.37	23.51	126.0
Petición lista...	1000	651	252	2736	322.30	0.00%	44.0/sec	36.73	13.57	855.0
Petición lista...	1000	567	246	2454	220.79	0.00%	44.4/sec	36.96	13.45	852.0
Petición lista...	1000	622	252	2631	284.08	0.00%	45.1/sec	37.60	13.82	854.0
Petición lista...	1000	576	251	2639	298.26	0.00%	45.5/sec	38.03	14.13	856.0
TOTAL	13000	1611	151	25889	3237.11	9.08%	323.9/sec	264.56	154.50	836.4

En este mismo sentido, la Figura 16 y Figura 17 presentan en resumen las preguntas de la encuesta estructurada para recopilar la información sobre el uso del prototipo por parte de los estudiantes desde la perspectiva de los docentes y/o encargados, donde se destaca un total de 15 interrogantes.

Figura 16
Preguntas de encuesta para las subcaracterísticas de usabilidad (p1)

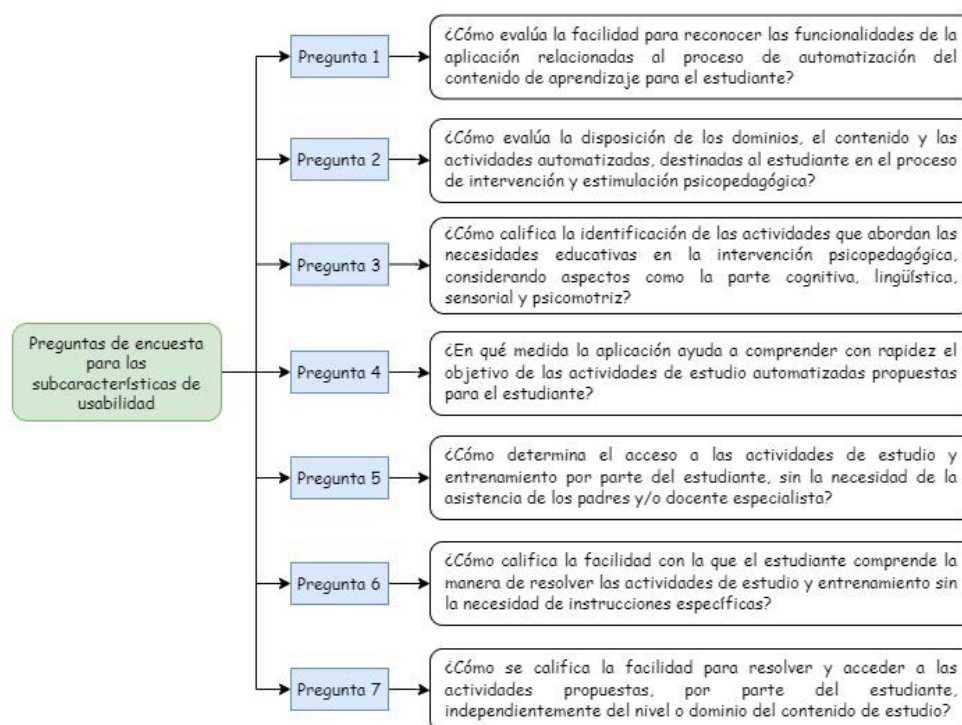
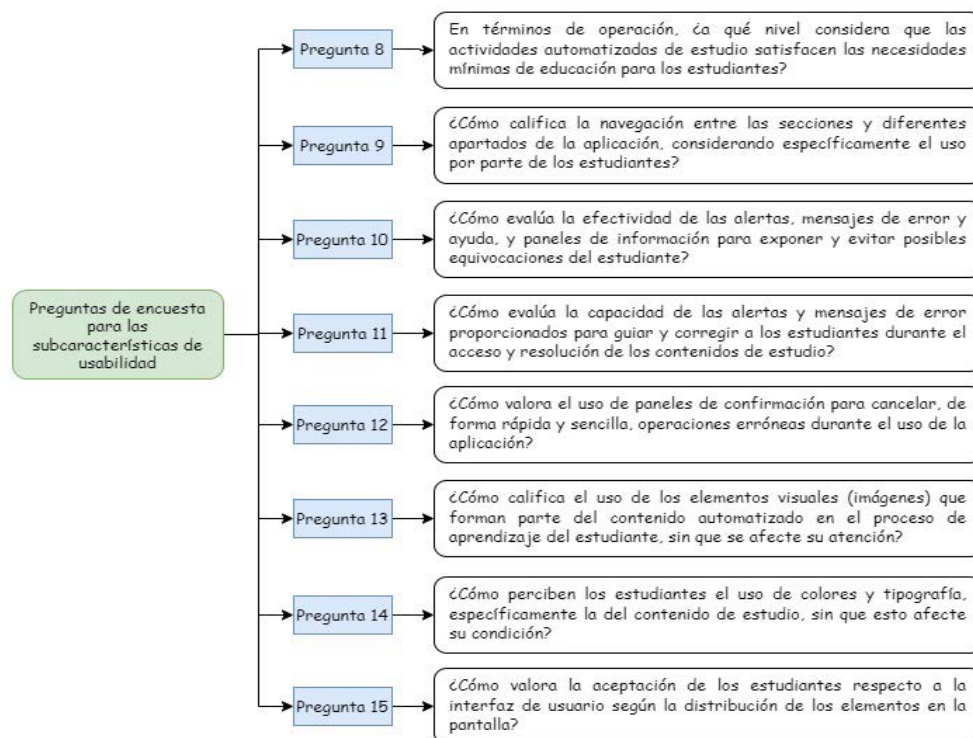


Figura 17*Preguntas de encuesta para las subcaracterísticas de usabilidad (p2)*

El proceso de evaluación de la usabilidad según la norma ISO 25010, basado en la norma ISO 25040, se presenta a continuación, detallando las actividades de ejecución por etapas.

Etapas 1 - Establecimiento de requisitos de evaluación***Establecer el propósito de evaluación***

El propósito fue verificar el prototipo en relación con las subcaracterísticas de la usabilidad. A través de la verificación, se buscó probar que las áreas de aprendizaje establecidas con la parte interesada, la disposición de los contenidos automatizados, el tipo de actividades y las evaluaciones satisfacen las necesidades educativas específicas y, abordar el problema de investigación del estudio.

Obtener los requisitos de calidad del producto

Se determinaron como requisitos las subcaracterísticas de usabilidad, las cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4*Subcaracterísticas de usabilidad*

SUBCARACTERÍSTICA	IDENTIFICADOR
Reconocibilidad de la adecuación	ReAd
Aprendizabilidad	Apd
Operabilidad	Opd

SUBCARACTERÍSTICA	IDENTIFICADOR
Protección frente a errores del usuario	PrErUs
Estética	Est
Accesibilidad	Acc

Identificar las partes del producto que se deben evaluar

Se estableció la realización de una evaluación de las funcionalidades de la plataforma en un entorno controlado, verificación del cumplimiento de las necesidades educativas específicas mediante el contenido automatizado, el uso por parte de especialistas y la observación del desempeño en el proceso de aprendizaje de estudiantes diagnosticados con TDAH en un rango de entre 5 y 12 años de edad. Para acceder a la aplicación seguir el enlace a continuación: <https://react-frontend-production-b574.up.railway.app/login>.

Definir el rigor de la evaluación

El eje principal de la evaluación fue la revisión de la usabilidad del prototipo, lo que permitió abordar la problemática de investigación planteada.

Etapas 2 - Especificación de la evaluación

Selección de los módulos de evaluación

Se definieron las métricas de calidad para determinar el nivel de influencia de cada subcaracterística; por lo tanto, se asignaron estos niveles de importancia a cada una de ellas como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Valoración de las subcaracterísticas de usabilidad

SUBCARACTERÍSTICA	IMPORTANCIA	VALOR
ReAd	M	Medio
Apd	A	Alto
Opd	A	Alto
PrErUs	M	Medio
Est	M	Medio
Acc	B	Bajo

De igual manera, se determinó el conjunto de indicadores para las subcaracterísticas que forman parte del instrumento de evaluación (encuesta estructurada). Esta se compone de 15 interrogantes mostradas en la Figura 16 y Figura 17.

Definición de los criterios de decisión para las métricas

Se implementó la escala de Likert para definir valores de puntuación, los cuales se establecieron entre 1 y 4 como se muestran en la Tabla 6. Se destaca que el uso de la escala facilitó una clara estimación de la medida de usabilidad, al tener cuatro valores específicos que evitaron la neutralidad y simplificaron la respuesta para los encuestados.

Tabla 6*Criterios de decisión para las métricas*

ESCALA (Valor)	PUNTUACIÓN (Puntos)	CRITERIO
1	0	Malo
2	2	Regular
3	3	Bueno
4	5	Excelente

Definición de los criterios de decisión de la evaluación

En este contexto, según Sifuentes y Luján (2022) las subcaracterísticas valoradas con nivel de importancia Alto (A) se multiplicaron por 2, mientras que las valoraciones con nivel de importancia Medio (M) se multiplicaron por 1 respectivamente. De tal forma que, la ecuación de la medida de la usabilidad que se definió fue la siguiente (Sifuentes y Peralta, 2022):

$$(1 \times ReAd) + (1 \times PrErUs) + (1 \times Est) + (2 \times Apd) + (2 \times Opd) \quad (1)$$

La ecuación (1) se forma por la sumatoria de los productos del valor de importancia y la subcaracterística especificada. Seguidamente, se establecieron los criterios de decisión para las subcaracterísticas como se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7*Criterios de decisión para la evaluación*

RANGO DE PUNTUACIÓN (Puntos)	CRITERIO DE PUNTUACIÓN (Calidad)
(15 – 14)	Alta
(13 – 10)	Buena
(9 – 3)	Regular
(3 – 0)	Mala

Se definió los criterios de decisión de usabilidad como se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8*Criterios de decisión para usabilidad*

RANGO DE PUNTUACIÓN (Puntos)	CRITERIO DE PUNTUACIÓN (Calidad)
(105 – 92)	Alta
(91 – 64)	Buena
(63 – 22)	Regular
(21 – 0)	Mala

Etapa 3 - Diseño de la evaluación

Planificación de las actividades de la evaluación

La planificación incluyó el establecimiento del lugar de evaluación, que fue el Departamento de Consejería Estudiantil (DECE) de la unidad educativa fismisional “La Dolorosa” de la ciudad de Loja. Además, se realizó la presentación y recolección de las respuestas de la encuesta.

Etapa 4 - Ejecutar la evaluación

Realizar mediciones y aplicar los criterios de decisión para las métricas

Se aplicaron las encuestas y se obtuvo un total de 15 respuestas en el lugar especificado en la etapa anterior.

Aplicar los criterios de decisión de la evaluación

La Figura 18 muestra cómo se calcularon las puntuaciones obtenidas para cada uno de los indicadores asociados, lo que dio como resultado un valor concreto para cada una de las respuestas al aplicar la ecuación (1), siendo en este caso la primera respuesta.

Figura 18

Criterios de decisión para la respuesta 1

SU	II	E1				NC
		NSC				
ReAd	P1	5				95 Alta calidad
	P2	3	13	Buena Calidad	13 x 1 = 13	
	P3	5				
Apd	P4	3				
	P5	5	13	Buena Calidad	13 x 2 = 26	
	P6	5				
Opd	P7	3				
	P8	5	13	Buena Calidad	13 x 2 = 26	
	P9	5				
PrErUs	P10	5				
	P11	5	15	Alta Calidad	15 x 1 = 15	
	P12	5				
Est	P13	5				
	P14	5	15	Alta Calidad	15 x 1 = 15	
	P15	5				

Indicador (II); Pregunta de entrevista (P); Evaluación (E); Subcaracterística de Usabilidad (SU); A Nivel de Subcaracterística (NSC); A Nivel de Característica (NC).

Figura 19

Valoración de usabilidad del prototipo

NE	UNC	NU
E1	Alta calidad	Buena calidad
E2	Buena calidad	
E3	Buena calidad	
E4	Buena calidad	
E5	Buena calidad	
E6	Buena calidad	
E7	Alta calidad	
E8	Alta calidad	
E9	Buena calidad	
E10	Alta calidad	
E11	Alta calidad	
E12	Alta calidad	
E13	Buena calidad	
E14	Buena calidad	
E15	Alta calidad	

Número de Evaluación (NE); Evaluación (E); Usabilidad a Nivel de Característica (UNC); Nivel de Usabilidad (NU).

La Figura 19 muestra la recopilación de los resultados de todas las encuestas efectuadas, donde se destaca que la moda facilitó corroborar la mayor repetición en el grupo de respuestas, y, a partir de ello, tomar como valor válido al de mayor frecuencia. En resumen, a base de los criterios de decisión de las métricas se obtuvo como resultado una calificación de “buena calidad”.

Etapas 5 - Concluir la evaluación

En esta etapa se establecieron los criterios e interpretaciones de los resultados obtenidos, los cuales se presentan en la sección IV. En resumen, los resultados de las encuestas realizadas revelaron que el 80% de los evaluados calificaron la experiencia de uso de las funcionalidades vinculadas al proceso de intervención como excelente, mientras que un 20% restante calificó como buena; por otro lado, respecto a la disposición de dominios, contenido y actividades del proceso educativo, el 73.3% definió la experiencia como excelente, mientras que el 26.7% restante la consideró de buena calidad.

En relación a la identificación de las actividades dentro de los aspectos educativos abordados, el 80% manifestó que la experiencia fue excelente, mientras que el 20% restante la consideró buena. Con lo relacionado a la facilidad para comprender el objetivo de las actividades de estudio, el 73.3% apreció como excelente la experiencia, mientras que el 26.7% restante marcó como buena calidad; además, se muestra que el 80% de los evaluados encontró excelente la facilidad de acceso a la actividades, mientras que el 13.3% la calificó como buena y el 6.7% como regular.

En relación a la satisfacción de las necesidades mínimas de educación, el 66.7% la valoró como excelente y el 33.3% restante la calificó como buena. Con respecto a la navegación entre secciones y apartados de la aplicación, el 66.7% consideró la experiencia como excelente, mientras que el 33.3% la señaló como regular. La experiencia de uso relacionado a los colores y tipografía destaca que el 80% la calificó como excelente y el 20% restante la consideró buena. Finalmente, en cuanto a la experiencia general del uso de la interfaz de usuario, el 73.3% manifestó que es excelente y el 26.7% restante la señaló como buena.

Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos al construir el prototipo aplicando la metodología XP, fueron positivos y permitieron abordar el propósito de investigación, el cual está asociado a como la implementación del prototipo puede ayudar en el proceso de estimulación psicopedagógica en niños con TDAH en un rango de 5 y 12 años de edad. Es importante mencionar que, según Moya (2020) y Rachmaniah et al. (2020), la metodología es viable debido a la capacidad de simplificar el trabajo durante el desarrollo del prototipo debido a las directrices de organización, la adaptabilidad a los cambios (Sadath et al., 2018), facilidad de ejecución en grupos reducidos de trabajo y relación con los casos de uso e historias de usuario.

En el proceso de construcción, se señala que la implementación de la técnica de entrevista semiestructurada fue apropiada, al igual que en los estudios (Caputo et al., 2023; Nijenhuis-Voogt et al., 2019), los cuales obtuvieron resultados favorables. Esta se caracteriza por su flexibilidad controlada al permitir formular preguntas en el desarrollo de la conversación (Villarreal y Cid, 2022) y la exploración de temas emergentes para profundizar áreas no consideradas (Ibarra-Sáiz et al., 2023). En este sentido, la técnica permitió la recopilación de la información asociada a proceso educativo, ayudando a comprender los aspectos del entorno que se desconocían, en función de la facilidad para planificar las preguntas en un contexto específico.

Las especificaciones y directrices de modelado BPMN fueron utilizadas para la construcción del modelo de procesos del ambiente educativo actual (Amdah & Anwar, 2018; Fernandez, 2013). Este modelado describe las actividades académicas y las interacciones entre los elementos del proceso, lo que permitió comprender con claridad el modelo pedagógico de las instituciones educativas en Ecuador. Además, permitió identificar las áreas del proceso que requerían la de automatización.

El diseño de la arquitectura usando el modelo arquitectónico 4+1, según el estudio de Valero-Ramon et al.(2022), resultó ser apropiado, ya que las cinco vistas específicas otorgaron una percepción adecuada de la estructura del sistema facilitando su diseño. En el presente estudio, los resultados fueron adecuados, aunque se encontraron ligeros inconvenientes al elaborar el diagrama de clases debido al número de entidades y sus relaciones. Así mismo, el diseño de las interfaces de usuario posibilitó la elaboración de los prototipos de ventanas, los cuales fueron importantes para que la parte interesada evaluara y proporcionara al desarrollador su perspectiva sobre la parte visual del lado del cliente, dando a conocer detalles como el uso de colores, tipografía y otros.

La planeación de las iteraciones contribuyó en la identificación de los módulos que se programaron, simplificando así la construcción al aplicar el patrón de diseño modelo-vista-controlador en una arquitectura cliente-servidor. Durante la codificación, surgieron problemas en la comunicación del *backend* y *frontend* del prototipo, especialmente en lo que respecta a la entrada y salida de datos; sin embargo, se superaron estas limitaciones con la implementación del servicio web API REST para el *backend* y control de cabeceras mediante *tokens* para el *frontend*, lo que posibilitó un manejo apropiado de los datos en cada petición enviada con un control de seguridad otorgado por el uso de *tokens*.

Según Felbinger et al.(2018), se corrobora que las pruebas unitarias ayudan a verificar el correcto funcionamiento de porciones de código (Shamshiri et al., 2018); por lo tanto, al efectuar las pruebas del presente estudio, se obtuvo como resultado inicial un 75% del comportamiento esperado debido a fallas en el manejo de los modelos en el *backend* y los estados de los componentes en el *frontend*, lo que limitó el manejo y presentación apropiada de los datos; no obstante, al aplicar las modificaciones pertinentes se logró la conducta esperada alcanzando el 100% del cumplimiento. Por otro lado, las pruebas de aceptación permiten la verificación del cumplimiento de todos los requisitos establecidos por el usuario final previo a su entrega (Cherukupalli & Anders, 2020; Paiva et al., 2020); por lo tanto, en el presente estudio se facilitó la identificación de las falencias en las funcionalidades de la aplicación, logrando un cumplimiento inicial del 80% de las necesidades del usuario final, según las 48 historias de usuario, durante la revisión con la parte interesada. No obstante, tras la revisión, estas falencias se superaron con éxito, asegurando el cumplimiento del 92% de las necesidades requeridas.

El uso del muestreo deliberado ayudó en la determinación de la muestra debido a la capacidad de abarcar un contexto específico de investigación como se logra evidenciar en Bernard (2018) y Uprichard (2013). Por lo tanto, este proceso influyó dentro de la planificación de la evaluación de usabilidad, donde obtuvo una medida de “buena calidad”. Esta medida se alcanzó con la aplicación de los parámetros de decisión, los valores de la escala de Likert por pregunta, la ecuación de medida y otros cálculos especificados en la evaluación de cada encuesta, dando como resultado un 47% de las evaluaciones con alta calidad y un 53% mostró buena calidad, donde la moda fue el factor estadístico para tomar la decisión.

En este sentido, los resultados obtenidos permitieron responder al asunto de investigación del presente estudio; por lo tanto, se logró reconocer que la automatización facilita la creación del material de estudio necesario para satisfacer las necesidades educativas de los estudiantes con TDAH, mediante los cuatro aspectos establecidos con los expertos en el tema tales como el sensorial, el cognitivo, el lingüístico y el psicomotriz. Así mismo, el prototipo pone a disposición de los especialistas las actividades adaptadas para abordar el proceso educativo, eliminando las barreras temporales asociadas al desarrollo de material físico y potenciando la efectividad de la intervención. Además, proporciona a los docentes la ayuda necesaria para afrontar el proceso educativo de estos estudiantes previniendo su exclusión. De la misma forma, la herramienta fomenta las adaptaciones curriculares para un apropiado aprendizaje y contribuye con el cuidado del medio ambiente al reducir el uso de papel.

En virtud de los resultados, se demuestra la importancia de aplicar un enfoque educativo adecuado en el desarrollo de las herramientas digitales, en contraste de lo planteado en los estudios (Suarez et al., 2021; Thorell et al., 2022), donde se advierte que el uso excesivo, limitado o en el más bajo porcentaje de las herramientas puede provocar una dependencia perjudicial y empeorar los síntomas del trastorno de TDAH. Además, es importante mencionar que, a diferencia de los trabajos relacionados (De la Torre y Shirley, 2020; Fuentes Expósito, 2019; Santamaría et al., 2015; Vaca Reinoso et al., 2022), los cuales se centraron en aspectos como la detección temprana del trastorno, el enfoque en el área cognitiva o el uso de juegos sencillos como actividad didáctica; el prototipo abordó cuatro áreas específicas de aprendizaje mencionadas previamente, aplicando distintos tipos de actividades que tuvieron una buena acogida tanto de los estudiantes diagnosticados como los especialistas.

En este sentido, referente al uso de las herramientas digitales, según Sotelo et al.(2022), las herramientas *web* y móviles están cambiando la forma en que se aborda el proceso educativo, presentándose de manera innovadora y atractiva para llegar a los niños con el trastorno; además, otra gran ventaja de estas aplicaciones es que permite a los niños aprender a su propio ritmo, ya que es especialmente útil para aquellos que pueden tener dificultades para mantenerse al día en un salón de clases tradicional (Rojas y Aucancela, 2021). De igual manera, se ha demostrado que los aplicativos *web*, las tabletas y otros dispositivos son útiles para estos propósitos, facilitando el monitoreo y registro de datos en tiempo real (Rojas y Aucancela, 2021; Salcinesy González-Fernández, 2020).

Finalmente, el resultado de la medida de usabilidad ofrece una base para futuras investigaciones relacionadas al tema o futuras versiones de la herramientas *web*, afianzando la importancia de explorar a fondo el impacto y las oportunidades de mejora en la intervención psicopedagógica mediante el uso de estas herramientas.

Conclusiones

La fase de pruebas ayuda a verificar que el prototipo cumpla con los requisitos especificados, en especial con las pruebas de aceptación con la parte interesada, donde se obtuvo un cumplimiento inicial del 80% de las necesidades con la revisión. Estas permiten identificar y solucionar falencias en las funcionalidades durante la fase de construcción, por lo tanto, al efectuarse las correcciones respectivas, se logra el cumplimiento el 92% de los requerimientos.

La revisión de estudios previos y la colaboración de los expertos posibilita reconocer las limitaciones durante el proceso de construcción, facilitando la elección de los dominios de las actividades, como el apartado cognitivo, sensorial, lingüística y psicomotriz. Además,

ayuda decidir los tipos de actividades que se abordan durante la automatización del proceso de intervención psicopedagógica potenciando así el proceso de aprendizaje.

La norma ISO/IEC 25010 en la evaluación de la característica de usabilidad es adecuada debido a su flexibilidad, lo que posibilita abordar aspectos específicos sin la necesidad de abarcar un proceso completo de evaluación. Además, el uso de la norma ISO/IEC 25040 demuestra ser efectivo al facilitar la planificación de la evaluación de usabilidad, ya que permite dividir las actividades en cinco fases estratégicas. Esto da como resultado hallazgos positivos en cuanto a la implementación de herramientas *web* en el proceso de intervención y estimulación psicopedagógica, garantizando un proceso de aprendizaje significativo y ayudando a los docentes y expertos durante la intervención.

Las herramientas digitales representan una gran oportunidad para mejorar el proceso educativo y fomentar la inclusión a través de las TIC. No obstante, para que su implementación sea eficaz y beneficiosa, es fundamental adoptar un enfoque y una metodología de aplicación apropiados como es el caso del presente estudio. De lo contrario, en lugar de convertirse en un recurso útil, estas herramientas podrían convertirse en una problemática, aportando de manera negativa al agraviar los síntomas del diagnóstico en lugar de mejorar la situación y ayudar en el proceso de enseñanza.

El uso del prototipo *web* tiene un impacto positivo en el proceso de intervención en niños con TDAH, con edades comprendidas entre los 5 y los 12 años, ya que facilita la creación y puesta a disposición del material de estudio necesario para satisfacer sus necesidades educativas específicas; además, la automatización pone a disposición de los especialistas las actividades adecuadas para abordar el proceso, eliminando las barreras temporales asociadas al desarrollo del material. Entonces, no solo implica el acceso al contenido, sino que facilita adaptar las actividades a las necesidades educativas de cada estudiante potenciando la efectividad de la intervención.

Reconocimientos

Esta propuesta forma parte del Trabajo de Integración Curricular: “Desarrollo de prototipo de plataforma web para la automatización del proceso de estimulación e intervención psicopedagógica para niños con trastorno de TDAH para la carrera de Psicopedagogía de la Universidad Nacional de Loja”. El autor principal expresa su agradecimiento a Blanca Iñiguez en calidad de especialista en psicopedagogía y a Genoveva Suing como especialista en el área de ingeniería.

Referencias

- Alvear Saravia, A. E., y Mora Pedreros, P. A. (2013). Herramientas Web 2.0 y Estilos de Aprendizaje: Un aporte a los AVA desde una experiencia investigativa en dos cursos de filosofía. *Trilogía: Ciencia Tecnología Sociedad*, 5(8), 77–92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4521468>
- Amdah, L., & Anwar, A. (2018). BPMN Profile for Collaborative Business Process. *2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology (CiSt)*, 42–47. <https://doi.org/10.1109/CIST.2018.8596422>
- Aráuz Moya, D. A. (2020). *Evaluación entre las metodologías de desarrollo de Software XP - RUP y su aplicación en la construcción de un sistema para la gestión de una estética. Caso de estudio: Cadama Estética* [Pontificia Universidad Católica Del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/19691>
- Bernard, H. R. (2018). Research methods in anthropology : qualitative and quantitative approaches. In *TA - TT*

- (Sixth edit). Rowman & Littlefield Lanham, Maryland. <https://doi.org/LK> - <https://worldcat.org/title/1001287699>
- Caputo, A., Gatti, P., Cerato, B., Marchisio, L., Sandretto, R., Sottimano, I., Converso, D., & Cortese, C. G. (2023). School leadership and crisis management in the COVID-19 pandemic: Qualitative research in the Italian context. *BPA Applied Psychology Bulletin*, 81(298). <https://doi.org/10.26387/bpa.2023.00017>
- Cerna-Salirrosas, K. Y., y Maguiña Vizcarra, J. E. (2022). Herramientas web en el proceso de enseñanza aprendizaje de educación primaria. *Polo Del Conocimiento*, 7(3), 791–805. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i3.3762>
- Cherukupalli, S., & Anders, G. J. (2020). DTS System Factory and Site Acceptance Tests. In *Distributed Fiber Optic Sensing and Dynamic Rating of Power Cables* (pp. 112–128). <https://doi.org/10.1002/9781119487739.ch8>
- De la Torre, L., y Shirley, V. (2020). *Desarrollo de una herramienta Web de apoyo para el tratamiento de niños con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH)* [PUCE - Quito]. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/19714>
- Dhouib, A., Kolski, C., Trabelsi, A., & Neji, M. (2021). ISO/IEC 25040 Adaptation for Interactive Adaptive Systems Evaluation. *2021 14th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HSI52170.2021.9538630>
- Felbinger, H., Wotawa, F., & Nica, M. (2018). Adapting Unit Tests by Generating Combinatorial Test Data. *2018 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)*, 352–355. <https://doi.org/10.1109/ICSTW.2018.00072>
- Fernandez, A. (2013). Camunda BPM Platform Loan Assessment Process Lab. *Brisbane, Australia: Queensland University of Technology*, 124.
- Fuentes Expósito, M. Á. (2019). *TDaHpp : aplicación Android para detección temprana en TDAH*. [Universidad de las Palmas de Gran Canaria]. <http://hdl.handle.net/10553/69533>
- Gavilánez Osorio, S. M. (2022). *Déficit de atención e hiperactividad infantil: una propuesta pedagógica desde el enfoque del aprendizaje cooperativo*. [Tesis de Maestría]. PUCE.Repositorio PUCE <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/20106>
- Hicks, S. A., Stautland, A., Fasmer, O. B., Forland, W., Hammer, H. L., Halvorsen, P., Mjeldheim, K., Oedegaard, K. J., Osnes, B., Gilaever Syrstad, V. E., Riegler, M. A., & Jakobsen, P. (2021). HYPERAKTIV: An Activity Dataset from Patients with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Proceedings of the 12th ACM Multimedia Systems Conference*, 314–319. <https://doi.org/10.1145/3458305.3478454>
- Ibarra-Sáiz, M. S., González-Elorza, A., y Rodríguez Gómez, G. (2023). Aportaciones metodológicas para el uso de la entrevista semiestructurada en la investigación educativa a partir de un estudio de caso múltiple. *Revista de Investigación Educativa*, 41(2), 501–522. <https://doi.org/https://doi.org/10.6018/rie.546401>
- Jiang, X., Chen, Y., Huang, W., Zhang, T., Gao, C., Xing, Y., & Zheng, Y. (2020). WeDA: Designing and Evaluating A Scale-Driven Wearable Diagnostic Assessment System for Children with ADHD. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376374>
- López Altamirano, D. A., Paredes Zhirzhan, Z. M., Morales Zambrano, A. M., Estrada Álvarez, E. E., Freire Martínez, L. J., Gómez Morales, M. G., Gómez Morales, F. M., y Condo Samaniego, R. P. (2023). Adaptaciones curriculares: Una valoración en los centros educativos ecuatorianos. *Dominio de Las Ciencias*, 9(2 SE-Artículos Científicos), 825–844. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3317>
- Lozada-manzano, E. K., Freire-claudio, S. J., Industrial, I., Sociales, E., Naturales, C., Sociales, E., Naturales,

- C., y Guayaquil, E. (2021). Adaptaciones curriculares: Un estudio cualitativo dentro del entorno educativo ecuatoriano. *Polo Del Conocimiento*, 6(10), 722–738. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i10.3236>
- Malik, S. U. R., Khan, S. U., Ewen, S. J., Tziritas, N., Kolodziej, J., Zomaya, A. Y., Madani, S. A., Min-Allah, N., Wang, L., Xu, C.-Z., Malluhi, Q. M., Pecero, J. E., Balaji, P., Vishnu, A., Ranjan, R., Zeadally, S., & Li, H. (2016). Performance analysis of data intensive cloud systems based on data management and replication: a survey. *Distrib. Parallel Databases*, 34(2), 179–215.
- Nijenhuis-Voogt, J., Bayram-Jacobs, D., Meijer, P. C., & Barendsen, E. (2019). Omnipresent yet elusive: Teachers' views on contexts for teaching algorithms in secondary education. *Computer Science Education*, 1 – 30. <https://doi.org/10.1080/08993408.2020.1783149>
- Olvera, F. D. la P., Palacio Ortiz, J. D., & Pérez, E. B. (2010). Cartagena's Declaration for Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD): breaking the Stigma. *Rev. Cienc. Salud*, 8(1), 95–100.
- Paiva, A. C. R., Maciel, D., & da Silva, A. R. (2020). From Requirements to Automated Acceptance Tests with the RSL Language. In E. Damiani, G. Spanoudakis, & L. A. Maciaszek (Eds.), *Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering* (pp. 39–57). Springer International Publishing.
- Rachmaniah, M., Krisnanti, M. M., & Darissalam, M. I. (2020). Tokocabai Marketplace Application based on Web Using Extreme Programming Method. *2020 International Conference on Computer Science and Its Application in Agriculture (ICOSICA)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICOSICA49951.2020.9243214>
- Rojas Bustos, M. E., y Aucancela Coraizaca, L. J. (2021). Las aplicaciones web, fuente de soluciones y exclusión para la educación en tiempos de COVID-19. *Revista Scientific*, 6(22 SE-Ensayos), 397–417. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2021.6.22.21.397-417>
- Sadath, L., Karim, K., & Gill, S. (2018). Extreme programming implementation in academia for software engineering sustainability. *2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2018.8376925>
- Salcines Talledo, I., y González-Fernández, N. (2020). Aplicaciones Educativas en Educación Superior. Estudio sobre su uso en estudiantes y docentes. *Ensayos: Revista de La Facultad de Educación de Albacete*, 35(1), 15–30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7711530>
- Santamaría, A., Esther, M., & Ingeniería Informática, E. D. (2015). *ADDA-aplicación android/web para personas con tdah*. Universidad de Oviedo.
- Shamshiri, S., Rojas, J. M., Galeotti, J. P., Walkinshaw, N., & Fraser, G. (2018). How Do Automatically Generated Unit Tests Influence Software Maintenance? *2018 IEEE 11th International Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)*, 250–261. <https://doi.org/10.1109/ICST.2018.00033>
- Sifuentes Díaz, Y. M., & Peralta Luján, J. L. (2022). Software quality measurement and evaluation model based on the ISO/IEC 25000 standard to measure usability in university academic software products. *TecnoHumanismo, Revista Científica*, 2(4), 44–66.
- Sotelo Gomez, F., López, J. M., Sepulveda, C., Solarte, M. F., Ramirez-Velarde, R., & Jaramillo-Morillo, D. A. (2022). Learning Activities Management Web Platform to Support the Flipped Classroom Model in Secondary Education. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 17(4), 318–324. <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3217181>
- Suarez, I., los Reyes Aragón, C., Grandjean, A., Barceló, E., Mebarak, M., Lewis, S., Pineda-Alhucema, W., & Casini, L. (2021). Two sides of the same coin: ADHD affects reactive but not proactive inhibition in children. *Cognitive Neuropsychology*, 38(5), 349 – 363. <https://doi.org/10.1080/02643294.2022.2031944>
- Thorell, L. B., Burén, J., Ström Wiman, J., Sandberg, D., & Nutley, S. B. (2022). Longitudinal associations between digital media use and ADHD symptoms in children and adolescents: a systematic literature review. *European Child and Adolescent Psychiatry*. <https://doi.org/10.1007/s00787-022-02130-3>

- Uprichard, E. (2013). Sampling: bridging probability and non-probability designs. *International Journal of Social Research Methodology*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/13645579.2011.633391>
- Vaca Reinoso, L. F., Stefos, E., y Mena Clerque, S. E. (2022). Aplicación de cuentos interactivos para mejorar la comprensión lectora de niños con TDAH. *ConcienciaDigital*, 5(4), 127–144. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i4.2356>
- Valero-Ramon, Z., Louro, P., Irio, L., Dimitriadis, I., Poiitis, M., Toliopoulos, T., Lagakis, P., Petridis, G., Papachristou, N., Núñez-Benjumea, F. J., Hors-Fraile, S., Vakali, A., Gounaris, A., Shapiro, D., Naranjo, J.-C., Levva, S., Billis, A., Traver, V., & Bamidis, P. (2022). A Collective Intelligence Platform to Support Older Cancer Survivors: Towards the Definition of LifeChamps System and Big Data Reference Architecture. *Studies in Health Technology and Informatics*, 290, 1008 – 1009. <https://doi.org/10.3233/SHTI220241>
- Villarreal Puga, J., y Cid García, M. (2022). Aplicación de Entrevistas Semiestructuradas en Distintas Modalidades Durante el Contexto de la Pandemia. *Revista Científica Hallazgos21*, 7(1), 52–60.
- Wolf, C., Joye, D., & Yang-chih, F. (2016). Non-probability sampling. In *The SAGE Handbook of Survey Methodology* (Vol. 1, p. 693). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.4135/9781473957893>

**Ciencias
Empresariales,
Sociales y
Humanidades
Digitales /
Business,
Social Sciences
and Digital
Humanities**



RTE

Impacto del clima laboral en la productividad de los trabajadores en empresas de Lima

The Impact of Work Environment on Worker Productivity in Companies in Lima

Eva María Ventura Hernández¹ <https://orcid.org/0000-0002-3917-8098>,
Enrique Alonso Castro Guzmán¹ <https://orcid.org/0000-0001-9326-2277>, Eduardo Percy Matta
Solís¹ <https://orcid.org/0000-0001-9422-7932>

¹Universidad María Auxiliadora, Lima, Perú
eventurah@gmail.com, enrique.castro@uma.edu.pe,
eduardo.matta@uma.edu.pe



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/02/29

Aceptado: 2024/06/24

Publicado: 2024/06/30

Resumen

El objetivo de este estudio es analizar el impacto del clima laboral en la productividad de los trabajadores, en empresas ubicadas en Lima, identificando los principales factores que influyen en dicho clima y su relación con los niveles de rendimiento laboral. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, tipo aplicado, con un diseño no experimental, correlacional y de corte transversal. Se tomó una muestra de 381 trabajadores mayores de 18 años y de ambos sexos que laboran en empresas de Lima. Se utilizó la técnica de recolección de datos mediante encuestas y el instrumento fue un cuestionario que constaba de 18 ítems para la variable del clima laboral, compuesta por 3 dimensiones; y 17 ítems para la variable productividad, compuesta por 2 dimensiones. En relación al clima laboral, la mayoría de los trabajadores percibieron un ambiente laboral positivo, con porcentajes significativos en las dimensiones de liderazgo, motivación y satisfacción laboral. Específicamente, el liderazgo mostró un porcentaje del 51.18% de percepción de clima laboral bueno, seguido por la motivación con un 45.67% y la satisfacción laboral con un 43.31%. Respecto a la productividad de los trabajadores, se observó una tendencia positiva, con un alto porcentaje de eficiencia (62.20%) y eficacia (59.84%). Se concluye que existe un clima laboral favorable que contribuye a altos niveles de productividad entre los trabajadores de las empresas en Lima; además, se identifica una relación positiva moderada entre el clima laboral y la productividad ($P < 0.05$; $R = 0.784$).

Palabras clave: clima laboral, productividad, trabajadores, empresas.

Sumario: Introducción, Marco Teórico, Metodología, Resultados, Discusión y Conclusiones.

Como citar: Ventura, E., Castro, E. & Matta, E. (2024). Impacto del clima laboral en la productividad de los trabajadores en empresas de Lima. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 124-134.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1144>

Abstract

The aim of this study is to analyze the impact of work environment on worker productivity in companies located in Lima by identifying the main factors that influence this environment and its relationship with the levels of work performance. The study had a quantitative applied approach with a non-experimental, correlational, and cross-sectional design. A sample of 381 workers over 18 years of age and of both sexes working in companies in Lima was taken. Data collection was conducted through surveys, and the instrument was a questionnaire consisting of 18 items for the work environment variable, composed of 3 dimensions, and 17 items for the productivity variable, composed of 2 dimensions. The results showed that most workers perceived a positive work environment, with significant percentages in the dimensions of leadership, motivation, and job satisfaction. Specifically, leadership showed a 51.18% perception of a good work environment, followed by motivation with 45.67% and job satisfaction with 43.31%. A positive trend was observed regarding worker productivity, with a high percentage of efficiency (62.20%) and effectiveness (59.84%). It is concluded that there is a favorable work environment that contributes to high levels of productivity among workers in companies in Lima. A moderate positive relationship between work environment and productivity was identified ($P < 0.05$; $R = 0.784$).

Keywords: work environment, productivity, workers, companies.

Introducción

Actualmente, las empresas y los emprendimientos buscan permanecer en el mercado y ser los primeros en su rubro, a su vez, estas han detectado que contar con un buen clima laboral en su equipo de trabajo es importante para fomentar vínculos de compromiso en los trabajadores, mejorando la predisposición para realizar tareas y comunicarse asertivamente, ocasionando un impacto positivo en la productividad (Picon, 2019).

El rendimiento de un trabajador está relacionado directamente con las condiciones laborales, ambiente social y nivel educativo, entre otros; sin embargo, los aspectos y/o incidencias que afectan la productividad de la empresa son las inasistencias injustificadas, permisos y personas desmotivadas, pues si se compara la cultura laboral de países subdesarrollados con la de países desarrollados ser productivo y trabajar con eficiencia y efectividad es parte de la vida, mas no una obligación por necesidad de un salario (Hernández et al., 2020).

Las empresas aspiran ser eficaces en el mercado competitivo, demostrando que tienen un desempeño positivo en su productividad. Al mejorar la eficiencia, se establecen mejores prácticas en el proceso de producción, siendo el recurso humano uno de los principales pilares para su funcionamiento; además, la mejora tecnológica contribuye a incrementar la productividad (Becerra-Peña & Lemos Mejía, 2021).

Las empresas y los emprendimientos contemporáneos reconocen la importancia de un buen clima laboral para fomentar el compromiso y mejorar la productividad de sus equipos; sin embargo, en el contexto peruano, son pocas las empresas que toman en cuenta el impacto que puede generar un mal desempeño laboral, a causa de malos incentivos, bajo salario, presión, rotación de personal, carencia de un contrato de trabajo, situaciones que conllevan a que un colaborador no se desempeñe de manera eficiente en sus actividades, por ello, es importante que estas empresas se enfoquen en proporcionar un buen clima laboral, comenzando por respetar los derechos laborales de los colaboradores (Yanac Requejo, 2018).

En la ciudad de Lima, se observa una proliferación de emprendimientos dedicados al rubro de Fast Food, tales como pizzerías, pollerías, hamburgueserías, evidenciando la cantidad de opciones para los consumidores que desean consumir este tipo de alimentos. Esta variedad dificulta la elección del consumidor, pero cada empresa emplea diversas estrategias para atraer clientes, centrándose en ofrecer productos de calidad y excelente atención; sin embargo, muchos negocios no han adoptado políticas que influyan en el clima laboral, lo que ha llevado a una variabilidad en el desempeño de los trabajadores.

Por esta razón, surge la necesidad de investigar el problema ¿Cuál es el impacto del clima laboral en la productividad de los trabajadores en empresas ubicadas en Lima, y cuáles son los factores específicos del clima laboral que influyen en la productividad?.

Objetivo de investigación

El objetivo general del presente estudio es analizar el impacto del clima laboral en la productividad de los trabajadores en empresas ubicadas en Lima, identificando los principales factores que influyen en dicho clima y su relación con los niveles de rendimiento laboral.

Marco Teórico

El clima laboral es el conjunto de características, cualidades e interpretaciones que son percibidas por los trabajadores de una empresa, las cuales influyen en su comportamiento, liderazgo, motivación y satisfacción laboral; siendo fundamental, ya que impacta directamente en los resultados de una organización y además la distingue de otras. Un clima laboral positivo proporciona un entorno de trabajo estable, que debe mantenerse a lo largo del tiempo para asegurar el bienestar de los empleados y de la sociedad en general (Uribe Prado, 2015); además, el clima laboral impacta directamente en la productividad de los trabajadores, influyendo de forma positiva o negativa en resultados obtenidos a través de procesos o sistemas en una organización (Guadalupe et al., 2009).

Los componentes del clima laboral son el liderazgo, la motivación y la satisfacción laboral, que transmiten, recopilan y extraen información para comprender cómo perciben los trabajadores el clima laboral en Lima. El liderazgo implica dirigir equipos de trabajo, generando confianza y seguridad para establecer una relación funcional entre líder y subordinado. La motivación impulsa a los trabajadores a cumplir con los propósitos de la empresa, sintiéndose responsables y comprometidos con su trabajo (Uribe Prado, 2015); por último, la satisfacción laboral se refiere a un ambiente agradable donde los trabajadores se sienten valorados y satisfechos con su trabajo (Chiavenato, 2007).

La productividad, por su parte, se define como el resultado obtenido de un proceso donde se emplean recursos como trabajadores, tiempo, maquinaria e insumos para lograr resultados esperados como unidades producidas, productos vendidos o ganancias. La productividad se mide y se cuantifica a través de los resultados que se obtienen de un proceso o sistemas de producción propios de cada empresa, procesos constituidos por elementos como tecnología, maquinarias, materia prima y factor humano; por lo que para incrementar la productividad se debe emplear adecuadamente estos elementos, según su competencia, para lograr mejores resultados, tomando en cuenta un buen clima laboral (Mendoza, 2018).

Sus componentes son la eficiencia y la eficacia, que deben ser asumidos con responsabilidad por los trabajadores para obtener resultados óptimos (Gutiérrez Pulido, 2006). La eficiencia es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, logrando los resultados esperados utilizando la cantidad mínima de recurso. La eficacia es el grado en que

se realizan las actividades planeadas y se consiguen los resultados proyectados (Álvarez et al., 2015).

Estudios relacionados al clima laboral y la productividad

Mendoza (2019), realizó una investigación en Huacho, Lima-Perú, sobre el clima laboral y la productividad en una empresa industrial. El estudio encontró que el 40% de los trabajadores percibían el clima laboral y la productividad como regulares, mientras que el 3% consideró el clima laboral malo, aunque indicaron que la productividad era buena; el estudio concluyó que existe una relación significativa entre el clima laboral y la productividad, indicando la necesidad de implementar programas de capacitaciones y talleres para mejorar el clima laboral. De manera similar, Benites y Feria (2019) en Piura, determinaron la relación entre el clima laboral y la productividad en la empresa Avícolas y Marketing S.A.C. Sus resultados mostraron que el 36% de los trabajadores percibían el clima laboral como regular, el 25% como bueno y el 3% como muy bueno, concluyendo que existe una relación significativa entre la autorrealización y la productividad de los colaboradores. Asimismo, Vélchez (2022) llevó a cabo un estudio en un centro comercial de Lima Norte, donde encontró que el 58% de los trabajadores consideraban el clima laboral como indiferente, el 34% estaban de acuerdo y el 8% muy de acuerdo; mientras que en términos de productividad, el 60% la percibía como indiferente, el 30% estaba de acuerdo y solo el 10% muy de acuerdo. El estudio determinó que existe una relación significativa entre el clima laboral y la productividad.

Estudios relacionados a la percepción sobre el clima laboral

Pilligua y Arteaga (2019) en su estudio en Colombia sobre el clima laboral como factor clave en el rendimiento productivo de las empresas, encontraron que el 58% de los trabajadores calificaron el clima laboral como regular e identificaron áreas prioritarias para mejorar la productividad, tales como el desarrollo de carrera profesional, liderazgo, colaboración y comunicación entre los empleados. Además, destacaron la importancia de que la empresa genere ambientes adecuados para optimizar la productividad de los trabajadores. Por su parte, Altamirano (2020) al investigar el clima laboral y la productividad de los colaboradores de "Mi Banco", en Chiclayo, reveló que el 70% de los trabajadores sentían que su trabajo no era valorado, y el 66% consideraban que su remuneración no compensaba su esfuerzo, calificándola de injusta. Más del 70% manifestó estar en búsqueda de nuevas oportunidades laborales con mejores expectativas salariales. Además, el 60% reportó supervisiones exigentes sin retroalimentación ni capacitaciones, y el 75% señaló la falta de trabajo en equipo. El 76% indicó que no se cumplían los objetivos planificados, y más del 70% calificaron el clima laboral como malo. Se concluyó una relación entre estas variables.

Importancia y justificación

Es importante investigar el clima laboral alineado con los objetivos y resultados empresariales, ya que esto permite identificar los factores que impactan en la productividad. Para mejorarlo, es necesario implementar elementos como un liderazgo efectivo, una comunicación adecuada, la motivación de los empleados, condiciones laborales óptimas, satisfacción laboral y capacitación, los cuales influyen en la eficacia del trabajo; además, la creación de un buen ambiente laboral conlleva a una mejora en los tiempos de trabajo, la eficiencia en la utilización de recursos, la calidad del producto y el incremento en las ventas. Asimismo, fomenta la identificación de los empleados con la empresa y el respeto entre todos los niveles jerárquicos.

La investigación se justifica teóricamente, ya que se considera teorías existentes para su desarrollo e investigación. Es decir, tanto para la variable del clima organizacional como para la productividad, se utiliza teorías de autores actualizados y relevantes en relación con las

variables de estudio. Además, se justifica prácticamente, dado que los resultados obtenidos facilitarán y aportarán información relevante para la implementación de estrategias de clima laboral en las organizaciones estudiadas y su relación con la productividad alcanzada. Desde una perspectiva social, la investigación beneficia a los dueños, colaboradores y clientes de la empresa, ya que conllevaría a la mejora de las condiciones de clima laboral para los trabajadores; por último, se justifica metodológicamente, ya que los instrumentos desarrollados en esta investigación podrían servir como modelo para futuros estudios que aborden las variables analizadas.

En conclusión, la hipótesis general del presente estudio es la existencia de una relación significativa entre el clima laboral y la productividad de los trabajadores en empresas de Lima.

Metodología

La investigación fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño metodológico no experimental de corte transversal y nivel correlacional. Es menester indicar que en las investigaciones no experimentales no se manipulan las variables de estudio, pues solo se observa la variable en su ámbito para ser analizada; respecto al corte transversal se refiere a la recolección de datos en un momento y tiempo determinado (Hernandez R et al., 2014).

Población y Muestra

La población estuvo conformada por 20 empresas del rubro *Fast Food* del distrito de los Olivos, ubicado en la ciudad de Lima, Perú; por ende, la población estudiada se consideró como finita.

La muestra estuvo constituida por 381 trabajadores mayores de 18 años de ambos sexos que laboran en empresas del rubro *Fast Food* del distrito de los Olivos de la ciudad de Lima. Para determinar la muestra, se aplicó la fórmula de muestreo para poblaciones finitas.

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la encuesta, la que permitió recabar información de las respuestas dadas por los encuestados. La encuesta es una herramienta adecuada para la obtención de datos e información en un momento determinado (Hernandez R et al., 2014).

El instrumento de recolección de datos con el que se midió la variable clima laboral, estuvo conformado por 18 ítems, clasificados en 3 dimensiones: liderazgo, motivación y satisfacción laboral. Asimismo, el formulario de recolección de datos para medir la variable productividad estuvo comprendido por 17 ítems, clasificados en 2 dimensiones: eficiencia y eficacia.

Plan de Análisis

El procedimiento estadístico de la información obtenida, se organizó a partir de una data en Excel, a su vez esta base fue procesada en el paquete estadístico SPSS versión 26, donde se realizó el análisis de confiabilidad utilizando el Alfa de Cronbach para ambas variables; para la estadística descriptiva se realizó frecuencias y tablas, también se utilizó la prueba de normalidad y correlación Spearman.

Consideraciones Éticas

Se tomaron en cuenta los siguientes principios éticos: la autonomía, a través de este principio se manifiesta el respeto hacia las personas, ya que, estas tienen la libertad de actuar, elegir y tomar sus propias decisiones (Velasco, 2013). En ese sentido, se pidió permiso a los

administradores, para realizar el estudio en su empresa; además, se explicó a los trabajadores sobre el consentimiento informado. La beneficencia orientado a hacer el bien a otros, es decir, se busca prevenir y eliminar el daño a otros (Aparisi, 2010). Al respecto, los resultados obtenidos se compartieron con la empresa a fin de que tome medidas de mejora, quedando descartado que con esta información se causará daño. La no maleficencia, que protege la manera de actuar sin dañar a las personas, teniendo la obligación de disminuir el riesgo de causar un perjuicio (Arias S & Peñaranda, 2015). En tal sentido, la aplicación del cuestionario fue anónimo, no evadiendo su privacidad, por ende, los resultados fueron para fines académicos. La justicia, por medio de este principio se conserva la dignidad de cada persona, a pesar de las circunstancias, sin someterlas a ser discriminadas (Ferrer Lues, 2003). Los participantes de esta investigación fueron tratados por igual, sin mostrar mayor preferencia por alguno, pues a todos se les trató con cordialidad y respeto.

Resultados

A partir de la información obtenida, se analizaron las respuestas de 381 trabajadores, mediante cuestionarios, los cuales evaluaron cómo los diferentes aspectos del clima laboral (el liderazgo, la motivación y la satisfacción) influyen en la eficiencia y eficacia de los trabajadores en las empresas de Lima. A continuación, se detallan los principales hallazgos y se discuten sus implicaciones para la gestión empresarial y la mejora del clima laboral:

Tabla 1

Descripción de las variables clima laboral y la productividad de los trabajadores en empresas de Lima

CATEGORÍAS	CLIMA LABORAL		PRODUCTIVIDAD	
	frec.	%	frec.	%
Bueno	192	50,39%	164	43,04%
Regular	127	33,33%	158	41,47%
Malo	62	16,27%	59	15,49%
Total	381	100,00%	381	100,00%

En la descripción del clima laboral, se observa que una mayoría de trabajadores (50.39%) percibe un nivel de clima laboral bueno. Seguido de un 33.33% que lo considera regular, mientras que un 16.27% lo percibe como malo. Por otro lado, en cuanto a la productividad, el 43.04% de los trabajadores presentan un nivel alto, seguido por un 41.47% que muestra un nivel medio de productividad, y un 15.49% que presenta una productividad baja. En conclusión, la mayoría de los trabajadores encuestados manifiestan percibir un clima laboral bueno en las empresas de Lima (Tabla 1).

Tabla 2

Factores que determinan el clima laboral de los trabajadores en empresas de Lima

CATEGORÍAS	FACTORES DEL CLIMA LABORAL					
	LIDERAZGO		MOTIVACIÓN		SATISFACCIÓN LABORAL	
	frec.	%	frec.	%	frec.	%
Clima laboral bueno	195	51,18%	174	45,67%	165	43,31%
Clima laboral regular	128	33,60%	155	40,68%	138	36,22%
Clima laboral malo	58	15,22%	52	13,65%	78	20,47%
Total	381	100,00%	381	100,00%	381	100,00%

La descripción de los factores del clima laboral determina que, en el factor de liderazgo, el 51.18% de los trabajadores perciben un clima laboral bueno, seguido por el 33.60% que advierten un clima laboral regular, y un 15.22% perciben un clima laboral malo. En cuanto al factor de motivación, el 45.67% considera que el clima laboral es bueno, el 40.68% percibe un clima laboral medio, y el 13.65% cree que es malo. En relación al factor de satisfacción laboral, el 43.31% de trabajadores califica al clima laboral como bueno, el 36.22% como regular, y el 20.47% lo percibe como malo (Tabla 2).

En conclusión, en su mayoría, los trabajadores perciben un clima laboral bueno en los diferentes factores de liderazgo, motivación y satisfacción laboral, seguido por un clima regular y, en menor medida, un clima laboral malo.

Tabla 3

Descripción de los aspectos de la productividad de los trabajadores en empresas de Lima

CATEGORÍAS	ASPECTOS DE LA PRODUCTIVIDAD			
	EFICIENCIA		EFICACIA	
	frec.	%	frec.	%
Productividad alta	237	62,20%	228	59,84%
Productividad media	103	27,03%	114	29,92%
Productividad baja	41	10,76%	39	10,24%
Total	381	100,00%	381	100,00%

La descripción de la productividad de los trabajadores en cuanto a la eficiencia muestra que el 62.20% de los empleados tienen una productividad alta, el 27.03% media, y el 10.76% baja. En cuanto a la eficacia, el 59.84% de los trabajadores tienen una productividad alta, el 29.92% media, y solo el 10.24% tienen una productividad baja (Tabla 3).

Tabla 4

Correlación entre el clima laboral y sus factores que influyen en la productividad de trabajadores en empresas de Lima

CORRELACIONES			VARIABLE PRODUCTIVIDAD
Rho de Spearman	Clima Laboral	Coeficiente de correlación	0,784**
		Sig. (bilateral)	0,001
		N	381
	Factor Liderazgo	Coeficiente de correlación	0,712**
		Sig. (bilateral)	0,004
		N	381
	Factor Motivación	Coeficiente de correlación	0,567*
		Sig. (bilateral)	0,038
		N	381
	Factor Satisfacción Laboral	Coeficiente de correlación	0,821**
		Sig. (bilateral)	0,000
		N	381

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Se observa una correlación positiva significativa entre la productividad de los trabajadores y el clima laboral, así como con los factores específicos que lo componen: liderazgo, motivación y satisfacción laboral. El coeficiente de correlación de Spearman (ρ) revela una asociación fuerte entre la productividad y el clima laboral ($\rho = 0,784$, $p < 0,001$), así como con el liderazgo ($\rho = 0,712$, $p = 0,004$), la motivación ($\rho = 0,567$, $p = 0,038$) y la satisfacción laboral ($\rho = 0,821$, $p < 0,001$). Esto significa que un clima laboral positivo se caracteriza por un buen liderazgo, alta motivación y satisfacción en el trabajo, el cual está relacionado con niveles más altos de productividad entre los trabajadores (Tabla 4).

Discusión

En cuanto al objetivo general se encontró que el nivel de clima laboral de los trabajadores de las empresas de Lima fue, en su mayoría, bueno, en un 50,39%, y malo en un 16,27%; esto quiere decir que los colaboradores tienen alta motivación al realizar su trabajo, lo que conlleva a que estén satisfechos laboralmente. Por su parte, la productividad fue notablemente alta en un 62,20%, esto significa que los trabajadores se desempeñan eficaz y eficientemente en las tareas que realizan para el logro de los objetivos. Asimismo, se evidenció que existe relación moderada entre el clima laboral y productividad en el personal de las empresas.

Respecto al resultado de la variable clima laboral, se encontró que el 33,33% de los trabajadores de las empresas percibe como regular el clima laboral, resultado similar al de Mendoza (2019) donde señaló que el 40% de los trabajadores percibe como regular el clima laboral, siendo necesario realizar capacitaciones y talleres para mejorarlo. Asimismo, Pilligua et al., (2019) encontró que el clima laboral en un 58% fue regular en la empresa de su estudio, lo que conlleva mejorar el liderazgo y comunicación en los trabajadores; por el contrario, Altamirano (2020) en su estudio sostuvo que el 70% de los trabajadores sentían que su trabajo no era valorado, y el 66% consideraban que su remuneración no compensaba su esfuerzo, calificándola de injusta.

El resultado de la variable productividad, el 27,03% de los trabajadores de las empresas manifestaron que es de nivel medio; similares hallazgos fueron encontrados por Vélchez (2022), en su investigación destacó que la productividad es indiferente para los trabajadores en un 60%; a diferencia de Altamirano (2020) donde no obtuvo resultados bajos sobre productividad, el 70% de los trabajadores sentían que su labor no era valorada, y el 66% consideraban que su remuneración no compensaba su esfuerzo, calificándola de injusta.

Los resultados obtenidos del estudio realizado se deben a que los trabajadores perciben que el liderazgo en las empresas es autoritario en ciertas situaciones como: no tomar sus ideas o aportes en cuenta, no solucionan las diferencias entre los compañeros de trabajo, y no brindan autonomía para el desarrollo de sus actividades. Esta situación es similar a la descrita por Mendoza (2019), donde se observa la falta de compañerismo, capacitaciones y liderazgo para mejorar el clima laboral. Por el contrario, Benites y Feria (2019), en su investigación, reflejaron que existe un alto clima laboral, dado que la empresa se preocupa por el bienestar e integración de sus trabajadores, brindándoles beneficios, capacitaciones y reconocimiento por su buen desempeño.

Los resultados del estudio indican que la productividad en las empresas está afectada por la rotación constante y no programada del personal en diversas áreas, como cocina, producción y atención al cliente, así como en los diferentes locales. Esta situación se asemeja a la investigada por Vélchez (2022), donde la empresa de estudio no cuenta con un plan de procesos estandarizado, lo que impide la medición de tareas y actividades realizadas por el personal operativo. A diferencia de Altamirano (2020), que la empresa de su estudio cuenta con procesos establecidos, horarios programados y funciones asignadas, dando por consecuencia un alto rendimiento en la productividad.

En el estudio realizado no se tuvo limitaciones algunas, ya que se contaba con la autorización del representante de las empresas.

Este estudio también servirá de referencia para futuras investigaciones que tengan interés respecto al tema de estudios que son el clima laboral y la productividad.

Conclusiones

Basándose en los resultados obtenidos, se puede concluir que la mayoría de los trabajadores encuestados en empresas de Lima perciben un clima laboral positivo, siendo calificado como bueno por el 50.39% de los encuestados, seguido por un 33.33% que lo considera regular y un 16.27% que lo percibe como malo. Respecto a la productividad, el 43.04% de los empleados presenta un nivel alto, mientras que un 41.47% muestra un nivel medio y un 15.49% muestra una productividad baja.

Al analizar los factores que determinan el clima laboral, se observa que la mayoría de los trabajadores perciben un clima laboral bueno en los aspectos de liderazgo (51.18%), motivación (45.67%), y satisfacción laboral (43.31%). Esto indica la importancia de promover un clima laboral favorable en las empresas de Lima.

En cuanto a la productividad de los trabajadores, se destaca que el 62.20% presenta una productividad alta en eficiencia, mientras que un 59.84% muestra una productividad alta en

eficacia. Esto evidencia que los trabajadores están cumpliendo con sus responsabilidades de manera efectiva y con un alto nivel de rendimiento.

Además, se encontró una correlación positiva reveladora entre la productividad de los trabajadores y el clima laboral, así como con los factores específicos que lo componen: liderazgo, motivación y satisfacción laboral. Esto quiere decir que un clima laboral positivo, caracterizado por un buen liderazgo, alta motivación y satisfacción en el trabajo, está asociado con niveles más altos de productividad entre los trabajadores.

Reconocimientos

Se expresa un profundo agradecimiento a las empresas del rubro Fast Food ubicadas en el distrito de Los Olivos – Lima, por su colaboración y por permitir que sus trabajadores participaran en la encuesta realizada para este estudio.

Referencias

- Altamirano Ojeda, R. (2020). Clima Laboral Y Productividad De Los Colaboradores De Mi Banco, Agencia Chiclayo Cercado. *Universidad Señor Del Sipán*, 100. Recuperado a partir de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7654/AltamiranoOjeda%2CRaquel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarez, C., Garcia, J., & Ramirez, E. (2015). Productividad y Desarrollo. In *Itson* (Vol. 1). Recuperado a partir de <https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ingytec/productividadydesarrollo.pdf>
- Aparisi J. (n.d.). Los principios de la bioética y el surgimiento de una bioética intercultural. *Veritas [revista en Internet] 2010 [acceso 23 de setiembre de 2019]*; 22: 121-157. Recuperado a partir de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-92732010000100006
- Arias S, & Peñaranda F. (n.d.). *La investigación éticamente reflexionada*. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública [revista en Internet] 2015 [acceso 27 de setiembre de 2019]*; 33(3): 444-451. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v33n3a15>
- Becerra-Peña, D. L., & Lemos Mejía, M. X. (2021). La productividad del sector manufacturero: caso Colombia 2005 - 2016. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, 16(4), 1–27. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.21919/remef.v16i4.527>
- Benites Zapata, R. L., & Feria Bustamante, M. A. (2019). *Clima Laboral y Productividad de los trabajadores de la empresa Avícolas y Marketing S.A.C. de la ciudad de Piura - 2019*. 1–51. Recuperado a partir de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35865/Benites_ZRL-Feria_BMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chiavenato. (2007). *Introducción a La Teoría General De La Administración*. Recuperado a partir de <https://esmirnasite.files.wordpress.com/2017/07/i-admon-chiavenato.pdf>
- Ferrer Lues, M. (2003). Equidad y justicia en salud: implicaciones para la bioética. *Acta Bioethica*, 9(1). <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2003000100011>
- Guadalupe, J., Estrada, S., Cristóbal, J., Pupo, G., Bárbara, Y., Rodríguez, M., Cañedo, R., & Iv, A. (2009). *Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral* *Climate and organizational culture: two essential components in the working productivity* (Vol. 20, Issue 4). Recuperado a partir de <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v20n4/aci041009.pdf>
- Gutiérrez Pulido, H. (2006). *Calidad Total y Productividad*. Recuperado a partir de <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (M. M. G. Hill (ed.)).

- Hernández, O. R., Ortiz, J. P., Ortiz, M. P., & Orozco, M. C. (2020). Medición del comportamiento laboral y su impacto en laproductividad. *Computacion y Sistemas*, 24(3), 1305–1312. Recuperado a partir de <https://doi.org/10.13053/CYS-24-3-3489>
- Mendoza A. (n.d.). *La relación médico paciente: consideraciones bioéticas*. *Rev Peru Ginecol Obstet [revista en Internet]* 2018 [acceso 20 de junio de 2023]; 63(4): 555-564. Recuperado a partir de https://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-51322017000400007
- Mendoza, R. G. (2019). *El Clima Laboral Y La Productividad En La Empresa Comsa Instalaciones Y Sistemas Industriales S.L. - Sucursal En Perú, Huacho*. 203. Recuperado a partir de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3016/GIRÓNMEMENDOZARICARDO.pdf?sequence=1>
- Picón, C. (2019). *Diagnóstico Del Clima Laboral En El Área De Control De Deuda Y Cobranza , Sunat Basado En El Instrumento*. Recuperado a partir de http://54.165.197.99/bitstream/20.500.12423/2200/1/TL_PiconArriolaCarlos.pdf
- Pilligua Lucas, Cristhian Fabricio; Arteaga Ureta., F. M. (2019). *El clima laboral como factor clave en el rendimiento productivo de las empresas. estudio caso: Hardepex Cía. Ltda*. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409659500007>
- Uribe Prado, J. F. (2015). *Clima y ambiente organizacional - trabajo, salud y factores psicosociales*. Recuperado a partir de <https://www.dheducacion.com/wp-content/uploads/2019/02/Clima-y-ambiente-organizacional.pdf>
- Velasco J. (n.d.). *La Bioética y el Principio de Autonomía*. *Revista Facultad de Odontología [revista en Internet]* 2013 [acceso 27 de setiembre de 2023]; 1(2): 72-78. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-971X2013000100007
- Vilchez Infante, C. (2022). *Clima laboral y la productividad de los colaboradores en un de Mall Comas, 2022* (Vol. 1) [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/106514/Vilchez_ICL-SD.pdf?sequence=1
- Yanac Requejo, L. F. (2018). “Relación entre el desempeño laboral y productividad en la empresa Everis BPO sede Zafiros - La Victoria 2018.” *Universidad César Vallejo*. Recuperado a partir de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24888/Yanac_RLF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

<https://doi.org/10.37815/rte.v36n1.1167>

Artículos originales

Gamificación como herramienta de marketing digital

Gamification as a digital marketing tool

Emily Anahi Andocilla Miranda¹ <https://orcid.org/0009-0007-0334-8183>,
Joanna Vanesa Fiallos Alarcón¹ <https://orcid.org/0009-0008-3209-0406>, César Andrés Guerrero
Velástegui¹ <https://orcid.org/0000-0001-8482-7205>, Héctor Daniel Morocho Lara¹ <https://orcid.org/0000-0003-3107-6238>

¹Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador
eandocilla5078@uta.edu.ec, jfiallos8330@uta.edu.ec,
ca.guerrero@uta.edu.ec, hd.morocho@uta.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/05/15

Aceptado: 2024/06/27

Publicado: 2024/06/30

Resumen

Este estudio aborda la necesidad de mejorar la retención de clientes y la interacción en línea para la empresa "Flip Flop", con una clientela de 150 individuos, dedicada a la producción y comercialización de calzado. Esta investigación se enfoca en la implementación de la gamificación como una herramienta estratégica de marketing digital. El objetivo principal es determinar la relación existente entre gamificación y marketing digital con la finalidad de establecer estrategias de publicidad. La metodología adoptada siguió un enfoque cuantitativo que abarca un alcance exploratorio, descriptivo y correlacional. Para la recopilación de datos, se combinó la investigación documental-bibliográfica con la investigación de campo. Se implementaron estrategias gamificadas, tales como desafíos y recompensas. Los resultados obtenidos revelaron la significativa relevancia de la gamificación como una herramienta altamente efectiva en el ámbito del marketing digital. Para determinar el impacto de la gamificación en la retención de clientes y la interacción en línea, se evaluó el nivel de aceptación que alcanzó la estrategia. Este fue considerable, situándose en un 55,3% de aceptación entre los clientes encuestados. La aplicación de un enfoque cuantitativo, mediante el uso de cuestionarios, permitió la recopilación de datos de clientes potenciales, destacando de manera contundente la importancia estratégica que la gamificación posee en la generación de interés y participación de la audiencia. La gamificación demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la conexión entre la empresa y sus clientes, subrayando su papel valioso en el marketing digital. Estos hallazgos destacan la importancia de la innovación en este campo y proporcionan información valiosa para futuras investigaciones. En conclusión, la gamificación

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

Como citar: Andocilla, E., Fiallos, J., Guerrero, C. & Morocho, H. (2024). Gamificación como herramienta de marketing digital. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 135-150.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1167>

emerge como una herramienta crucial para potenciar la relación empresa-cliente en el contexto del marketing digital.

Palabras clave: Tecnología, Publicidad, Estrategia, Retención de clientes, Interacción en línea.

Abstract

This study addresses the need to improve customer retention and online interaction for "Flip Flop," a company with a customer base of 150 individuals dedicated to the production and marketing of footwear. The research focuses on implementing gamification as a strategic tool in digital marketing. The main objective is to determine the relationship between gamification and digital marketing to establish advertising strategies. The methodology followed a quantitative approach encompassing exploratory, descriptive, and correlational scopes. Data collection combined literature review with field research. Gamified strategies, including challenges and rewards, were implemented. The results revealed the significant relevance of gamification as a highly effective tool in digital marketing. To assess the impact of gamification on customer retention and online interaction, the level of acceptance of the strategy was evaluated, reaching a considerable 55.3% acceptance among surveyed customers. The quantitative approach, through questionnaires, facilitated data collection from potential customers, highlighting the strategic importance of gamification in generating audience interest and engagement. Gamification proved to be an effective strategy for enhancing the connection between the company and its customers, underscoring its valuable role in digital marketing. These findings emphasize the importance of innovation in this field and provide valuable insights for future research. In conclusion, gamification emerges as a crucial tool for enhancing the company-customer relationship in the context of digital marketing.

Keywords: Technology, Advertising, Strategy, Customer Retention, Online Interaction.

Introducción

En el panorama del marketing digital, la gamificación ha surgido como una estrategia vanguardista que va más allá de la simple interacción, para convertirse en una herramienta integral de participación del cliente. Esta metodología, que incorpora elementos lúdicos y mecánicas de juego en contextos no lúdicos, ofrece una oportunidad única para cautivar a la audiencia, construir lealtad y estimular acciones específicas.

En este estudio, se dirige la aplicación concreta de la gamificación en la empresa "Flip Flop" en agosto 2023. El objetivo fundamental es determinar la relación existente entre gamificación y marketing digital con la finalidad de establecer estrategias en un escenario donde la competencia en el mercado se intensifica, y donde los consumidores digitales demandan experiencias más allá de lo convencional, la gamificación surge como una respuesta estratégica para mantenerse relevante y atractivo.

Esta investigación se presenta como una respuesta a la necesidad imperante de las empresas de adaptarse a las cambiantes dinámicas del mercado digital. La capacidad de retener la atención y la lealtad de los clientes en entornos digitales se ha vuelto crítica. Por ende, indagar sobre cómo la gamificación puede ser implementada eficazmente en una empresa específica como "Flip Flop" se convierte en un paso esencial para comprender y aprovechar plenamente el potencial de esta innovadora estrategia de marketing digital.

Gamificación

Para Parra y Torres (2018), la gamificación implica la aplicación de mecánicas inspiradas en los juegos con el propósito de generar dinámicas atractivas y entretenidas para los participantes. El objetivo es incentivar la fidelización al aprovechar el interés de las personas en estos elementos. Además, se destaca que la estética presente en los juegos no solo atrae a los usuarios, sino que también influye positivamente en su estado de ánimo.

El propósito del estudio realizado por Navia y Jurado (2019) fue detallar una estrategia destinada a mejorar la atracción y retención de clientes. La investigación señaló que la gamificación surge como una alternativa efectiva para atraer a potenciales compradores mediante experiencias lúdicas, contribuyendo así a mantener su interés a largo plazo. La propuesta se fundamentó principalmente en la implementación del método DeDalus, el cual posibilitó la creación de mecánicas y dinámicas de juego adaptadas a un modelo de negocio, dividiéndolo en tres fases distintas.

A pesar de que la gamificación tuvo sus raíces en el ámbito empresarial, existe una estrecha relación con los campos del conocimiento y el aprendizaje. No obstante, es importante destacar que, debido al notable crecimiento experimentado por el marketing digital en los últimos años, se observa la posibilidad de integrar la gamificación de manera más sólida en esta metodología de marketing (Ballesteros *et al.* 2022).

Propiedades y características de la Gamificación

Ciucci (2016) afirma que la gamificación ha surgido como una estrategia innovadora que va más allá del simple entretenimiento. Esta metodología se ha convertido en un catalizador clave en diversos ámbitos, desde entornos laborales hasta contextos educativos y estrategias de marketing (Tabla 1).

Tabla 1

Propiedades y características de la Gamificación

Habilidades	La gamificación, al integrar desafíos y recompensas, impulsa el desarrollo de habilidades en entornos laborales, educativos y de entretenimiento. Mejorar competencias como la resolución de problemas y la toma de decisiones es posible a través de experiencias gamificadas.
Actitudes	Crear experiencias lúdicas y gratificantes moldea actitudes positivas hacia marcas o comportamientos específicos. Esta dimensión se aplica en estrategias de marketing y formación, donde la gamificación influye en la percepción y disposición de los usuarios a participar activamente.
Conocimiento	La gamificación, al presentar información de manera interactiva, mejora la retención y el aprendizaje efectivo. Las aplicaciones educativas y gamificadas proporcionan un entorno de aprendizaje que facilita la exploración, experimentación y comprensión de conceptos, contribuyendo al aumento del conocimiento.
Recursos	En el ámbito de la gamificación, la dimensión de recursos se refiere a las herramientas y aplicaciones utilizadas para diseñar juegos y experiencias. Estas proveen a los diseñadores recursos esenciales como motores de juego, editores gráficos y plataformas de creación interactiva, fundamentales para construir experiencias atractivas.

Tipos de Gamificación

Gamificación offline

La gamificación offline hace referencia a las actividades que se desarrollan en persona con los participantes, prescindiendo de la utilización de dispositivos electrónicos o plataformas digitales. A pesar de la ausencia de medios electrónicos, esta modalidad aún sigue aplicando

la misma estrategia de condicionamiento mediante recompensas, similar a la que se emplea en la gamificación en entornos digitales (Haro, 2021).

En línea con la perspectiva de Huayhua y Huerta (2021), la gamificación presencial implica la incorporación de elementos gamificados en actividades tradicionales, prescindiendo completamente de cualquier tipo de soporte digital y adaptando estas dinámicas a situaciones cotidianas.

Gamificación online

La gamificación en línea se basa primordialmente en la utilización de dispositivos electrónicos, tales como smartphones, tablets, laptops y cualquier otro dispositivo que posibilite la conectividad a través de Internet. La ejecución de esta estrategia está completamente supeditada a la presencia de estos elementos digitales (Haro, 2021).

Según la perspectiva de Huayhua y Huerta (2021), el empleo de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) resulta esencial para llevar a cabo esta variante de actividades gamificadas. Esto implica la necesidad de contar con un entorno digital flexible y adaptable que pueda cumplir con los objetivos planteados a través de este tipo de experiencias.

Elementos de la Gamificación

Los elementos que componen la gamificación se dividen en ocho categorías principales, los cuales están intrínsecamente relacionados entre sí.

Dinámicas

Según la perspectiva de Carbajal et al. (2022), las dinámicas del juego se centran en las necesidades e intereses humanos que funcionan como motores motivacionales. Utilizan diversas mecánicas de juego para satisfacer estas necesidades de manera innovadora y coherente, lo que contribuye a captar la atención y el entusiasmo del público.

Mecánicas

Guzmán et al. (2020) explican que las mecánicas abarcan una amplia gama de acciones, comportamientos y sistemas de control disponibles para el jugador durante su participación en el juego. Estas mecánicas, junto con el contenido del juego, respaldan la dinámica general de la experiencia lúdica. Algunas de estas mecánicas incluyen:

Desafíos

Los usuarios se enfrentan a retos que requieren esfuerzo y competencia con otros participantes, con el objetivo de obtener premios o acumular puntos.

Competencia

Los participantes buscan superar a otros usuarios para determinar un ganador y un perdedor al final del juego.

Retroalimentación

Proporciona información sobre acciones o decisiones para evaluar su efectividad y brindar orientación para mejorar el proceso de aprendizaje.

Recompensas

Son premios, estatus o privilegios otorgados a los jugadores una vez que han alcanzado una meta específica.

Turnos

Se refiere al orden secuencial en el que los usuarios participan en el juego.

Transacciones

Permiten a los usuarios intercambiar recursos dentro del contexto del juego.

Componentes de la Gamificación

Valero (2019) hace referencia a los recursos y herramientas utilizados en el diseño de campañas específicas de gamificación. Estos elementos son más tangibles y específicos en comparación con las dinámicas y mecánicas del juego. Algunos componentes comunes incluyen:

Puntos

Representan valores numéricos que reflejan el progreso o avance de los usuarios en el juego. Son una forma efectiva de motivar a los jugadores y proporcionarles un sentido de logro y progresión.

Medallas o insignias

Son reconocimientos que los participantes obtienen y que se reflejan en una clasificación, creando un incentivo adicional.

Desafíos y misiones

Requieren que los jugadores superen obstáculos específicos para avanzar a niveles posteriores. Los desafíos y misiones proporcionan una estructura y dirección al juego, manteniendo a los jugadores comprometidos y motivados a medida que trabajan para superar cada obstáculo.

Equipos

Agrupaciones de participantes que trabajan juntos para alcanzar metas comunes. Los equipos pueden fomentar la colaboración, el trabajo en equipo y la competencia amistosa entre los jugadores, agregando una dimensión social y emocionante a la experiencia de juego.

Logros

Resultados positivos alcanzados después de cumplir un objetivo determinado. Estos logros pueden incluir conseguir ciertos niveles, completar desafíos difíciles o acumular una cantidad determinada de puntos. Los logros proporcionan una sensación de satisfacción y orgullo a los jugadores, reforzando su motivación y compromiso con el juego.

Avatares

Representaciones personalizadas generadas por el sistema de gamificación que identifican a los participantes.

Niveles

Diferentes etapas que los jugadores deben superar para alcanzar la meta final. Cada nivel puede presentar nuevos desafíos, recompensas y oportunidades para los jugadores, proporcionando una progresión gradual y emocionante a lo largo del juego.

Tablas de clasificación

Muestran la posición de los jugadores en función de los puntos obtenidos, proporcionando retroalimentación instantánea sobre su desempeño.

Interacción social

Promueve la comunicación entre usuarios, fomentando el trabajo en equipo, la empatía y la colaboración.

Marketing

El marketing es una disciplina estratégica que busca satisfacer las necesidades y deseos del mercado mediante la creación, comunicación y entrega de valor a los consumidores. Se fundamenta en la comprensión profunda de los clientes y del entorno competitivo para desarrollar estrategias efectivas que impulsen el crecimiento y la rentabilidad de las empresas.

Las características distintivas del marketing incluyen su enfoque centrado en el cliente, donde se busca entender y responder a las demandas del mercado. Además, es dinámico y adaptable, ajustándose continuamente a cambios en el comportamiento del consumidor y en el entorno económico y tecnológico. Asimismo, es estratégico, ya que utiliza herramientas analíticas y creativas para desarrollar planes que alcancen los objetivos organizacionales de manera eficiente.

Marketing digital

El marketing digital, según San Agustín (2016), es un conjunto de tácticas utilizadas para publicitar una empresa, un bien o un servicio en línea. Su principal diferencia con el marketing tradicional es que hace uso de plataformas digitales, que aumentan el acceso y la facilidad de compra de bienes y servicios por parte de los clientes. En pocas palabras, el marketing digital es el conjunto de estrategias digitales utilizadas para publicitar marcas o empresas.

En su trabajo de investigación, Bravo-Chavarría (2022) examinó el uso del marketing digital en tiendas de ropa nuevas de adultos en Juigalpa, Chontales. Tras aplicar diversas técnicas, concluyó que estas tiendas reconocen la importancia de las redes sociales, pero carecen de conocimientos para aprovecharlas plenamente. Esta falta de comprensión impacta negativamente en su posición de mercado y en la capacidad para retener a los clientes, ya que la mayoría no utiliza las redes sociales como plataforma de ventas debido a la falta de conocimiento sobre sus beneficios, como la segmentación del mercado y la creación de redes de contactos.

En este contexto, las "4 P's del marketing" (producto, precio, distribución y promoción) son elementos clave que las empresas gestionan para influir en la percepción y elección del consumidor, asegurando así la competitividad y la relevancia en el mercado globalizado actual.

Las 4P's del Marketing

Las 4Ps del marketing, también conocidas como el marketing mix, constituyen un concepto fundamental en el ámbito de la mercadotecnia, englobando las variables concluyentes y controlables para la comercialización de productos o servicios. Estas variables incluyen el producto, el precio, la plaza y la promoción (Fischer & Espejo, 2015).

Producto

Inicia desde la concepción hasta la introducción en el mercado, asegurando la alineación con las necesidades del público objetivo.

Precio

Elemento esencial que influye en la decisión de compra, requiriendo consideración de diversos factores.

Plaza

Proceso de distribución que garantiza la llegada del producto al consumidor final, desempeñando un papel fundamental en la estrategia de marketing.

Promoción

Busca influir en el comportamiento y actitudes de los clientes, utilizando la publicidad para presentar productos o servicios de manera atractiva y memorable.

Propiedades y Características del Marketing Digital

El marketing digital se distingue por propiedades y rasgos que definen su dinamismo y eficacia en el contexto actual (Tabla 2).

Tabla 2**Propiedades y características del Marketing Digital**

Capacidad para fomentar la interacción entre las marcas y su audiencia	A través de plataformas digitales, los usuarios participan activamente al comentar, compartir y contribuir, estableciendo así conexiones más sólidas y significativas (Alava & Jiménez, 2019).
Alcance global	Al poder llegar a audiencias internacionales, las marcas pueden expandir de manera significativa y eficaz su presencia en diferentes regiones (Rodríguez et al., 2015).
Medición y el análisis en tiempo real	Luque et al. (2018) mencionan que evaluar el rendimiento de las campañas de manera inmediata proporciona datos valiosos para ajustes rápidos y mejoras continuas.
Personalización	Para Hernández et al. (2020), la personalización implica adaptar mensajes según el comportamiento y preferencias del usuario, siendo una tendencia cada vez más relevante que mejora la experiencia del consumidor y aumenta la probabilidad de conversión.
Eficiencia	La eficiencia en términos de costos es otra característica distintiva del marketing digital, permitiendo a empresas de todos los tamaños competir en igualdad de condiciones y maximizar el impacto con inversiones más eficientes (Mamani & Montañez, 2019).
Adaptabilidad	En un entorno digital en constante cambio, ajustar estrategias según tendencias emergentes y cambios en el comportamiento del consumidor es decisivo para mantener la relevancia y efectividad.

Estrategias de Marketing Digital

Las estrategias de marketing digital son un conjunto de tácticas y análisis destinados a alcanzar los objetivos establecidos por la empresa, los cuales se derivan de un minucioso estudio del mercado y la competencia, con el fin de comprender de manera más profunda las necesidades empresariales y cómo obtener los mejores resultados (Luque, 2021).

Para optimizar el marketing digital, las empresas deben implementar una variedad de estrategias, según lo indicado por Corrales et al. (2017), que abarcan áreas fundamentales:

Sitio web

Actúa como la vitrina donde las empresas presentan y promocionan sus productos y servicios, siendo esencial contar con un sitio web profesional que inspire confianza en los potenciales clientes y facilite las transacciones.

Blog empresarial

Se convierte en una herramienta valiosa para atraer a la audiencia pertinente mediante la creación de artículos útiles, contribuyendo así a generar contenido fresco que mejore el posicionamiento en los resultados de búsqueda.

Optimización para motores de búsqueda (SEO)

Tiene como objetivo posicionar el sitio web de la empresa entre los primeros resultados de búsqueda en plataformas como Google, lo que permite atraer un flujo constante de tráfico.

Redes sociales

Es perentorio mantener una presencia profesional en las principales plataformas de redes sociales, donde el enfoque principal radica en la creación de una comunidad de seguidores que tengan una conexión emocional sólida con la marca.

Publicidad en línea

Representa una opción efectiva para llegar a la audiencia objetivo de manera inmediata, ya que puede generar resultados rápidos tanto en motores de búsqueda como en redes sociales.

Email marketing

Es una estrategia útil, especialmente para dirigir a los clientes potenciales al sitio web, sobre todo, en el caso de las tiendas en línea. Cuando se lleva a cabo con el consentimiento de los destinatarios, la creación de boletines que aporten valor a la audiencia mejora significativamente las probabilidades de que los usuarios abran y lean los correos electrónicos de la marca.

Campañas publicitarias

En relación a las campañas publicitarias, estas comprenden un conjunto estratégico de anuncios diversos pero conectados entre sí, difundidos a través de diferentes canales de comunicación durante un período determinado (Alpizar-Valdés & Piñeyro-Alemán, 2019). Su diseño está meticulosamente elaborado con el propósito de cumplir una serie de objetivos específicos y afrontar desafíos importantes que confrontan las empresas.

Asimismo, Quezada-Ureña et al. (2018) sostienen que cada campaña publicitaria debe estar alineada con los objetivos para influir en las decisiones de compra, resaltando así la importancia de una definición precisa de los objetivos publicitarios. En otras palabras, la estrategia publicitaria debe ser cuidadosamente planificada para alcanzar los objetivos específicos de la empresa, tales como incrementar el reconocimiento de la marca, generar ventas directas o reforzar la fidelidad de los consumidores.

Para tal efecto, Gutierrez et al. (2020) sugieren que, al planificar una campaña publicitaria, es trascendental que la empresa considere una variedad de factores para la selección de los medios de comunicación. Este proceso resulta fundamental, ya que contribuye a determinar la combinación adecuada de medios para el éxito de la campaña. Es esencial tener en cuenta las restricciones presupuestarias de cada empresa para tomar decisiones informadas sobre qué canales y formatos de medios privilegiar, con el fin de maximizar el impacto de la campaña dentro de los límites económicos disponibles.

Retención de Clientes

La retención de clientes se refiere a las estrategias y acciones implementadas por una empresa para mantener a los compradores existentes y fomentar su lealtad a lo largo del tiempo. Esto implica crear experiencias positivas y satisfactorias, ofrecer productos o servicios de calidad, brindar un excelente servicio y establecer relaciones sólidas con ellos. La retención de clientes es fundamental para el éxito a largo plazo de una empresa, ya que clientes leales tienden a comprar más, recomendar la marca a otros y ser menos sensibles a los precios (Hernández, 2020).

Interacción en Línea

La interacción en línea se refiere a cualquier tipo de comunicación, transacción o participación que ocurre a través de plataformas digitales, como sitios web, redes sociales, aplicaciones móviles, correos electrónicos, chats en vivo, entre otros. Esta interacción puede incluir desde la navegación y búsqueda de información hasta la compra de productos, la participación en comunidades en línea y la resolución de consultas o problemas a través de canales de atención al cliente en línea. La interacción en línea es alta para las empresas en la actualidad, ya que les permite conectarse y comprometerse con su audiencia de manera rápida y directa, brindando una experiencia conveniente y personalizada a los usuarios (Chen, 2022).

Materiales y Métodos

Para la realización de este estudio, se optó por un diseño no experimental de manera transversal al recolectar datos en un momento específico. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo para analizar los factores involucrados en la interacción entre la gamificación y el marketing digital. Esta elección se fundamentó en la necesidad de explorar aspectos medibles relacionados con la gamificación como estrategia de marketing digital.

Además, se seleccionó la modalidad documental-bibliográfica para examinar diversos elementos asociados a estos temas, basándose en investigaciones previas y sus respectivas variables. La modalidad de campo permitió a la investigación evaluar la realidad mediante la aplicación de encuestas.

Este enfoque se aplicó a los 150 clientes actuales de la empresa "Flip Flop", quienes respondieron a diversas preguntas sobre la gamificación y el marketing digital. Dado el tamaño pequeño de la población, no se realizó un cálculo de muestra, siendo una muestra no probabilística intencional.

La técnica utilizada fue la encuesta, respaldada por un cuestionario estructurado como instrumento para recopilar conocimientos y opiniones directas de los 150 clientes sobre la gamificación como estrategia de marketing digital. Este fue construido con un proceso de validación de contenido por el juicio de 5 expertos y con un valor de V de Aiken de 0,99. Se incluyeron preguntas con escala de Likert de 5 puntos y preguntas demográficas para obtener una comprensión completa de las perspectivas de los participantes. La elección de un cuestionario como herramienta de recopilación de datos se consideró apropiada debido a su capacidad para capturar de manera sistemática las opiniones y el comportamiento de los clientes, permitiendo así una evaluación precisa de la gamificación como estrategia de marketing digital. Al instrumento se le aplicó el estadístico de fiabilidad de alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,880 que evidencia un nivel alto de fiabilidad.

Resultados y Discusión

Luego de completar las encuestas dirigidas a los potenciales clientes de "Flip Flop", se avanzó en la preparación de los datos necesarios para llevar a cabo un análisis cuantitativo a través del software SPSS v26. La realización de este análisis se revela como un paso que proporciona las conclusiones necesarias para respaldar a la gamificación como herramienta en el marketing digital de la empresa.

Pregunta 1

¿Considera importante como cliente que se le otorgue descuentos o promociones por realizar actividades interactivas mediante un juego? Tabla 3

Tabla 3*Importancia de descuentos y promociones*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
1. Totalmente en desacuerdo	0	0%
2. En desacuerdo	12	8%
3. Indeciso	9	6%
4. De acuerdo	49	33%
5. Totalmente de acuerdo	80	53,3%
Total	150	100%

Nota. Tabulación de la Importancia de descuentos y promociones.

Análisis y discusión

La mayoría de los participantes respaldaron la noción de obtener beneficios a través de actividades interactivas, resaltando la percepción positiva hacia estrategias que implican la participación activa del cliente mediante juegos. La minoría que mostró desacuerdo sugiere que la valoración de beneficios directos puede variar entre los consumidores. Este descubrimiento subraya la importancia de segmentar y personalizar estrategias de incentivos.

En su conjunto, los resultados enfatizan la relevancia de enfoques lúdicos y participativos para fomentar la lealtad del cliente y mejorar la experiencia de compra.

Pregunta 2

¿Considera importante e innovador implementar herramientas de gamificación en la empresa para atraer nuevos clientes? Tabla 4

Tabla 4*Innovación Estratégica: La Importancia de la Gamificación para Atraer Nuevos Clientes*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
1. Totalmente en desacuerdo	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
3. Indeciso	16	10,7%
4. De acuerdo	51	34,0%
5. Totalmente de acuerdo	83	55,3%
Total	150	100%

Nota. Tabulación de la innovación estratégica: La importancia de la gamificación para atraer nuevos clientes.

Análisis y discusión

La preponderancia de los participantes consideró esencial e innovador adoptar herramientas de gamificación en la empresa como estrategia para atraer nuevos clientes. La introducción de elementos lúdicos y participativos a través de la gamificación mejoró de manera significativa la experiencia del cliente, haciéndola más atractiva y memorable. Este enfoque no solo despierta interés inicial, sino que también motiva la participación continua al proporcionar incentivos y recompensas. Además, la gamificación contribuye a la retención de clientes al establecer conexiones emocionales mediante logros y beneficios.

Pregunta 3

¿Está usted de acuerdo en que la presencia de "Flip Flop" en las redes sociales influye en su decisión de compra? Tabla 5

Tabla 5*Influencia en la Decisión de Compra de "Flip Flop" en Redes Sociales*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
1. Totalmente en desacuerdo	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
3. Indiferente o neutro	10	6,1%
4. De acuerdo	33	22,1%
5. Totalmente de acuerdo	107	71,8%
Total	150	100%

Nota. Descripción de la Influencia en la Decisión de Compra de "Flip Flop" en Redes Sociales.

Análisis y discusión

Esto subraya la imperiosa necesidad de desarrollar una estrategia de marketing en redes sociales para "Flip Flop", ya que se percibió como una herramienta sumamente potente para influir de manera positiva en las decisiones de compra de los clientes potenciales. Es relevante destacar que ninguna persona encuestada expresó estar en desacuerdo con la idea, lo que refuerza aún más la importancia estratégica de establecer y potenciar una presencia efectiva en el ámbito del marketing digital para la empresa.

Pregunta 4

¿Está usted de acuerdo en que es importante la creación de valor en redes sociales en locales de ropa como "Flip Flop"? Tabla 6

Tabla 6*Importancia de la creación de valor en "Flip Flop"*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
1. Totalmente en desacuerdo	0	0%
2. En desacuerdo	0	0%
3. Indiferente o neutro	10	6,7%
4. De acuerdo	39	26%
5. Totalmente de acuerdo	101	67,3%
Total	150	100%

Nota. Descripción de la Importancia de la creación de valor en "Flip Flop"

Análisis y discusión

Estos resultados resaltan de manera contundente la urgencia y necesidad de implementar una estrategia de marketing digital efectiva que se centre específicamente en la generación de valor en plataformas de redes sociales. Este enfoque se vuelve especialmente relevante en el contexto de negocios vinculados a la industria del calzado, donde la percepción de valor juega un papel importante en las decisiones de los consumidores.

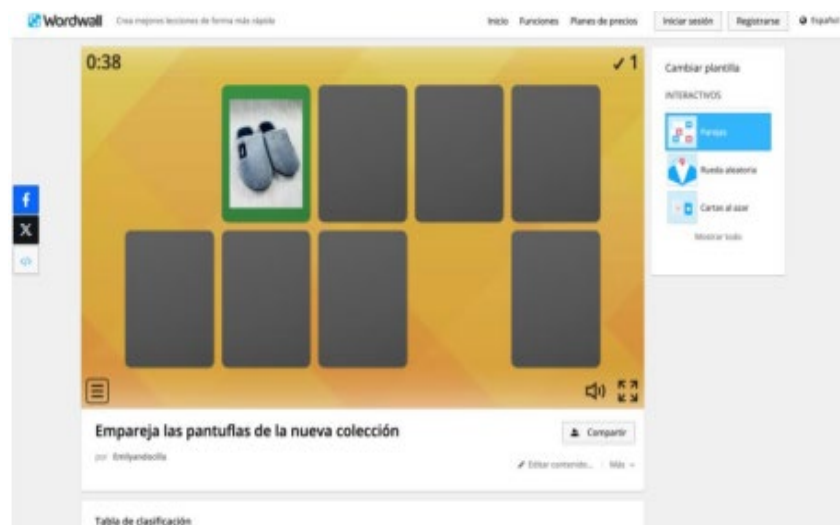
Implementación de las herramientas de Gamificación

El avance visual de los recursos implicó la implementación del diseño de herramientas de gamificación después de completar la encuesta. Este paso tuvo como objetivo incrementar la interacción y motivación de los clientes. Se eligieron las dos herramientas más populares entre ellas: Wordwall y Quizizz.

Wordwall es una plataforma que permite crear actividades interactivas e imprimibles, las cuales pueden utilizarse como juegos durante las clases o como tareas para los estudiantes. La plataforma ofrece una amplia variedad de plantillas innovadoras y divertidas que facilitan el seguimiento efectivo del proceso de aprendizaje (Figura 1).

Figura 1

Juego de Emparejamiento de fichas



Nota. Visualización del juego emparejamiento finalizado.

Quizizz es una herramienta diseñada específicamente para gamificar, enfocada en la creación de preguntas para evaluar el conocimiento de los participantes. Su popularidad en diversas instituciones educativas se debe a su capacidad para captar la atención de los estudiantes y, sobre todo, fomentar el aprendizaje activo (Figura 2).

Figura 2

Juego de selección múltiple



Nota. Visualización del juego de selección múltiple.

La implementación de juegos a través de plataformas como Wordwall y Quizizz fue vital para la empresa Flip Flop, especialmente dado su alta aceptación por parte de los clientes. Estos juegos no solo sirven para aumentar la interacción y el compromiso de los usuarios, sino que también fortalecen la relación empresa-cliente de manera significativa.

La buena aceptación de estos juegos por parte de los clientes de Flip Flop indicó que no solo se están divirtiendo y participando activamente, sino que también están más inclinados a recordar y valorar positivamente la marca. Esto fortalece la relación de la empresa con sus clientes, mejorando así la fidelización y posiblemente aumentando las ventas a largo plazo.

Comprobación de hipótesis

Después de realizar un minucioso análisis de los datos, se procedió a la etapa de verificación de hipótesis con el objetivo de determinar cuál es más probable. Este proceso implicó la utilización de técnicas estadísticas e investigativas, centrándose especialmente en el coeficiente de correlación de Spearman previamente mencionado.

Con el fin de demostrar la relación entre dos variables, se utilizará el coeficiente de correlación de Spearman (Tabla 7), el cual busca cuantificar el grado de asociación entre estas variables. Según lo expuesto por Restrepo (2007), este coeficiente proporciona un rango que permite observar el nivel de correlación a través de la agrupación de datos, al mismo tiempo que indica si la correlación es negativa o positiva.

H0: El uso de las herramientas de gamificación no se relaciona con las estrategias de marketing digital en el sector calzado.

H1: El uso de las herramientas de gamificación se relaciona con las estrategias de marketing digital en el sector calzado.

Tabla 7
Correlación de Spearman

		Correlaciones		
Rho de Spearman	Gamificación		Gamificación	Marketing Digital
		Coeficiente de correlación	1,000	,734**
		Sig. (bilateral)	.	0,000
		N	150	150
	Marketing Digital	Coeficiente de correlación	,734**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,000	.
		N	150	150

Los resultados revelaron que, al aplicar el coeficiente de Spearman en este estudio, se observa una correlación positiva alta entre las variables de gamificación y marketing digital, alcanzando un valor de 0,734.

Se ha obtenido un valor p significativamente bajo de 0,000, situado por debajo del umbral convencional de 0,05, lo que permitió realizar una evaluación de la prueba de hipótesis. La conclusión extraída es la aceptación de la hipótesis alternativa y el rechazo de la hipótesis

nula, lo que indica que las herramientas de gamificación están efectivamente relacionadas con las estrategias de marketing digital en el sector del calzado.

Los resultados obtenidos en este estudio refuerzan la eficacia distintiva de la gamificación en el contexto específico de "Flip Flop". Los hallazgos en la interacción en línea sugieren que la implementación de elementos lúdicos ha logrado no solo captar la atención de los clientes sino también involucrarlos activamente en plataformas digitales. Esta participación más profunda puede traducirse en una mayor visibilidad de la marca y, por ende, en un aumento en la lealtad del cliente. La gamificación, al proporcionar una experiencia interactiva y entretenida, ha contribuido a diferenciar a "Flip Flop" de manera positiva, generando un impacto tangible en la percepción de la marca por parte de los consumidores.

La retención de clientes, otro indicador clave, refleja la capacidad de la gamificación para mantener el interés y la preferencia de los clientes actuales. La construcción de una relación duradera con los clientes es esencial en un entorno comercial cada vez más dinámico, y la gamificación ha demostrado ser una estrategia efectiva para lograr este objetivo.

Conclusiones

La identificación de una correlación positiva alta de 0.734 entre las herramientas de gamificación y el marketing digital proporciona una base sólida para estructurar estrategias de marketing para la empresa Flip Flop. Esta relación permite diseñar campañas que no solo atraigan a los clientes de manera lúdica, sino que también fomenten relaciones duraderas a largo plazo.

Tras un análisis exhaustivo de la teoría y metodología detrás de las herramientas de gamificación y marketing digital, se ha determinado que implementar estas herramientas es efectivo para estimular una interacción dinámica con los consumidores, aumentando su motivación y participación. Este conocimiento establece los fundamentos para desarrollar estrategias prácticas futuras que pueden fortalecer de manera significativa la posición de Flip Flop en el competitivo sector del calzado.

Gracias a la implementación de las herramientas de gamificación como Wordwall y Quizizz, Flip Flop logra aumentar significativamente la interacción y la participación de sus clientes. Esto no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también fortalece la conexión entre la marca y su audiencia.

Agradecimiento

Gracias a la Universidad Técnica de Ambato, al departamento de Investigación y Desarrollo (DIDE-UTA) por apoyar nuestro proyecto de investigación "Gamificación y marketing digital: Perspectivas de la industria 4.0 desde la Educación Superior". Aprobado bajo resolución UTA-CONIN-2023-0042-R (Código PFCA25) y siendo parte del grupo de investigación: "Marketing, Consumo y Sociedad".

Referencias

- Alava, H., & Jiménez, W. (2019). *Marketing de contenidos para el sector comercial automotriz de la ciudad de Ambato*. [Tesis de grado]. Repositorio institucional de la Universidad de Técnica de Ambato. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30286/1/754%20MKT.pdf>.
- Alpizar-Valdés, J., Piñeyro-Alemán, Elianay. (2019): Diseño de una Campaña Publicitaria para el Cliente Interno en el Hotel Iberostar Taínos Enfocada a la Gestión Ambiental. In Xiii Congreso Virtual

- Internacional Turismo y Desarrollo, p. 59-78. <https://www.eumed.net/actas/19/turismo/5-diseno-de-una-campana-publicitaria-para-el-cliente-interno.pdf>
- Andocilla, E. (2024). “*Herramientas de gamificación y estrategias de inbound marketing en el sector calzado*” [Tesis de grado]. Repositorio institucional de la Universidad de Ambato. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/40804/1/089%20MT.pdf>
- Arias, Á. (2015). *Las Nuevas Tecnologías y el Marketing Digital: 2ª Edición*. IT Campus Academy.
- Ballesteros, L., Guerrero, C., Siguenza, M., y Armas, S. (1 de Septiembre de 2022). Análisis bibliométrico de la categoría gamificación del marketing. *Medwave*. <https://doi.org/10.5867/medwave.2022.S2.UTA109>
- Bravo Chavarría, Joel Antonio (2022) *Análisis del uso del marketing digital en las tienda de Ropas nuevas de adulto, ubicadas en el Barrio Virgen María de Juigalpa Departamento de Chontales, en el periodo del II semestre del año 2021*. [Tesis de maestría]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/17327/1/17327.pdf>
- Carbajal Destre, P., Rodríguez Barboza, J., Palacios Garay, J., Ávila Sánchez, G., & Cadenillas Albornoz, V. (2022). Gamificación como técnica de motivación en el nivel superior. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 6(23). <https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v6i23.351>
- Chen, T. (2022). El uso de las redes sociales como herramientas de marketing y su impacto en la compra en línea entre los universitarios de la ciudad china de Nanjing, 2020. *Revista Latina de Comunicación Social*, (80), 18.
- Ciucci, L. (2016). *Gamificación: alcances y perspectivas en la ciudad de La Plata* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Corrales, A. M. S., Coque, L. M. P., & Brazales, Y. P. B. (2017). El marketing digital y su influencia en la administración empresarial. *Dominio de las Ciencias*, 3(4), 1161-1171. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325485>
- Fischer, L., & Espejo, J. (2013). *Mercadotecnia*. México: McGraw-Hill. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/16670>
- Gutierrez, S., Beltrán, C., & Ballesteros, L. (2020). Lealtad de marca como objetivo clave de las campañas publicitarias en el sector comercial. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(3), p. 205-219. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7898161>
- Guzmán Rivera, M., Escudero Nahón, A., & Canchola Magdaleno, S. (2020). Gamificación” de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Sinéctica*. [https://doi.org/https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2020)0054-002)
- Haro, C. (2021). *La gamificación como herramienta didáctica para el aprendizaje de matemáticas en educación básica superior*. [Tesis de grado]. Repositorio institucional de la Universidad Tecnológica Indoamérica. <http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/2838/1/HARO%20NAZAT%20CRISTIAN%20FERNANDO.pdf>
- Hernández Ramírez, J. E., Barradas Gutiérrez, P. P., & Díaz Martínez, J. V. (2020). El Impacto del Marketing Digital en el Desarrollo del Comercio de las MiPyEs. *VinculaTégica*. http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Vinculategica6_1/41%20HERNANDEZ_BARRADAS_DIAZ.pdf
- Hernández, S. D. R. P. (2020). La fidelización del cliente y retención del cliente: Tendencia que se exige hoy en día. *Gestión en el tercer milenio*, 23(45), 5-13.
- Huayhua, L., y Huerta, I. (2021). *Gamificación en el desarrollo de habilidades visoespaciales de preescolar en tiempos de pandemia*. [Tesis de grado]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/85132/Huayhua_GL-Huerta_ZIP-SD.pdf?sequence=1

- Luque, F. V., Lozano, L. A. H., & Quiroz, A. F. B. (2018). Importancia de las técnicas del marketing digital. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 2(1), 764-783.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6732914>
- Mamani Mamani, A. H., & Montañez Monasterio, J. V. (2019). Influencia de las estrategias de marketing digital de la empresa de Sociedad Eléctrica del Sur Oeste SA en la reputación percibida por los usuarios de la ciudad de Arequipa, 2019. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/4cc7ebeb-22eb-4e19-8c7b-4539ce296112>
- Navia, C., y Jurado, J. (2019). Estrategia mejora en el proceso de atracción de clientes potenciales, mediante el uso de contenidos basados en experiencias de gamificación. *Guillermo de Ockham*, 17(1), 85-91.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21500/22563202.4167>
- Parra, E., & Torres, M. (2018). *La gamificación como recurso didáctico en la enseñanza del diseño*.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7203/eari.9.11473>
- Restrepo, L. (2007). De Pearson a Spearman From Pearson to Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183–194. Rodríguez, C., Camargo, P., González, J., & Gorrión, J. (2015). Ventajas y desventajas del marketing digital. *Revista convicciones*, 2(3), 24-31.
<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/209>
- Sanagustín, E. (2016). *Vender más con marketing digital*. Ecoe Ediciones.
<https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/128279>
- Quezada-Ureña, A. M., Ballesteros-López, L. G., Guerrero-Velastegui, C. A. & Santamaría-Freire, E. J. (2018). Análisis del impacto publicitario en la decisión de compra en empresas del sector comercial. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 3(12), p. 85-106.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7183534>
- Valero Martínez, J. (2019). La gamificación. Revisión del concepto y análisis de proyectos y experiencias.
https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/152574/Valero_Martinez_Javier_cor.pdf?sequence=3&isAllowed=y

<https://doi.org/10.37815/rte.v36n1.1143>

Artículos originales

Diferencias en las habilidades digitales entre hombres y mujeres: Caso de Estudio en Calceta – Manabí

Differences in Digital Skills Between Men and Women: Case Study in Calceta – Manabí

María Belén Villao Lor¹ <https://orcid.org/0000-0002-3836-7719>, Gustavo Gabriel Molina Garzón¹ <https://orcid.org/0000-0003-1610-7454>, Ligia Elena Zambrano Solórzano¹ <https://orcid.org/0000-0002-1517-7154>, Ramón Joffre Moreira Pico¹ <https://orcid.org/0000-0001-6961-3188>

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador

maria.villao@espam.edu.ec, gmolina@espam.edu.ec,
lzambrano@espam.edu.ec, jmoreira@espam.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/02/23

Aceptado: 2024/06/25

Publicado: 2024/06/30

Resumen

El estudio aborda las disparidades de género en habilidades digitales entre estudiantes de informática de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Utilizando un enfoque cuantitativo descriptivo y muestreo estratificado, se seleccionaron 212 estudiantes para el estudio. Se empleó un cuestionario validado por otro trabajo investigativo y adaptado a las necesidades del estudio, incluyendo secciones sobre inteligencia artificial y ChatGPT, para evaluar habilidades digitales básicas y avanzadas. Los datos se recolectaron mediante Google Forms y se analizaron con software estadístico, utilizando estadísticas descriptivas e inferenciales, incluyendo pruebas t y U de Mann-Whitney. El análisis descriptivo mostró un predominio de participación masculina, una tendencia hacia el uso de dispositivos móviles y una limitada formación tecnológica formal. Las diferencias significativas basadas en género se notaron en programación y uso de IA, con disparidades pronunciadas en interacciones con ChatGPT y comprensión de *prompts*, indicando variaciones de género en la percepción y uso de tecnología. El estudio concluye que existen disparidades de género evidentes en áreas como la comprensión de *prompts* y el uso académico de ChatGPT, alineándose con estudios previos sobre brechas de género en educación tecnológica. Sugiere la necesidad de estrategias educativas para abordar estas disparidades, contribuyendo a una competencia digital más equitativa en educación superior.

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Villao, M. B., Molina, G., Zambrano, L. & Moreira, R. (2024). Diferencias en las habilidades digitales entre hombres y mujeres: Caso de Estudio en Calceta – Manabí. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 151-161. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1143>

Palabras clave: habilidades digitales, disparidades de género, educación superior, estrategias educativas.

Abstract

The study addresses gender disparities in digital skills among computer science students at the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí *Manuel Félix López*. Using a descriptive quantitative approach and stratified sampling, 212 students were selected for the study. A questionnaire validated by another research work and adapted to the needs of the study was used, including sections on artificial intelligence and ChatGPT, to assess basic and advanced digital skills. Data were collected through Google Forms, and analyzed with statistical software, using descriptive and inferential statistics, including t-tests and Mann-Whitney U tests. The descriptive analysis showed a predominance of male participation, a trend towards the use of mobile devices, and limited formal technological training. Significant gender-based differences were noted in programming and AI use, with pronounced disparities in interactions with ChatGPT and understanding of prompts, indicating gender variations in the perception and use of technology. The study concludes that there are evident gender disparities in areas such as prompt comprehension and the academic use of ChatGPT, aligning with previous studies on gender gaps in technological education. It suggests the need for educational strategies to address these disparities, contributing to more equitable digital competence in higher education.

Keywords: Digital skills, gender disparities, higher education, educational strategies.

Introducción

Las habilidades digitales son fundamentales en la era actual, abarcando un amplio espectro de conocimientos, capacidades, destrezas, actitudes y estrategias para el uso efectivo de tecnologías y el Internet, según lo define Morduchowicz (2021). La evaluación de estas habilidades en distintos grupos sociales es crucial para identificar necesidades formativas y medir el progreso en el dominio de herramientas tecnológicas, especialmente en áreas como la Computación. La igualdad de género es un principio reconocido desde la Declaración Universal de Derechos Humanos en 1948 (Connell, 2005) y juega un rol significativo en este ámbito, debido a las notables diferencias de género en el uso y preferencias tecnológicas (Martínez-Cantos, 2017; Grande-de-Prado et al., 2020).

Otras investigaciones destacan cómo el género influye en las preferencias y usos tecnológicos. Saha y Zaman (2017), por ejemplo, observaron una clara división digital de género en la Universidad de Barisal, Bangladesh, donde los estudiantes masculinos mostraban mayor eficiencia en ciertas tareas tecnológicas. Asimismo, estudios de Kashyap et al. (2020) y Karyotaki et al. (2022) indican que, a pesar de una disminución en la brecha digital de género, las mujeres aún enfrentan obstáculos significativos para el acceso y uso efectivo de tecnologías digitales.

En la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, fundada en 1996, se llevó a cabo un estudio entre estudiantes de Computación para determinar si existen diferencias significativas de género en habilidades digitales. La hipótesis de la investigación sostiene que las diferencias de género impactan significativamente en la interacción con la tecnología. Este estudio aporta al conocimiento global sobre equidad de género en la educación tecnológica y ofrece datos valiosos para la formulación de políticas educativas en la institución.

La brecha de género en habilidades digitales no es solo un asunto de equidad y acceso en la sociedad digital, sino también refleja barreras culturales. Investigaciones de Shaw y Gant (2002) y Pinkard (2005), así como estudios más recientes de Palomares-Ruiz et al. (2021) y Lechman y Popowska (2022), han explorado estas barreras, principalmente en contextos educativos y profesionales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de abordar la brecha de género de manera integral, teniendo en cuenta aspectos técnicos, sociales y culturales.

Dentro de este marco, la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López se posiciona como un lugar ideal para investigar la interacción entre género, nivel socioeconómico y antecedentes educativos en el desarrollo de habilidades digitales. Este enfoque no solo identifica brechas de género, sino que también ayuda a desarrollar estrategias para su mitigación, fomentando la igualdad de oportunidades y el empoderamiento digital.

Materiales y Métodos

Esta investigación empleó un enfoque cuantitativo descriptivo, el cual implicó probar una teoría y proporcionar una imagen estadística con un porcentaje para mostrar una descripción de los datos de investigación (Prasetya et al., 2020). Este enfoque fue elegido para evaluar las habilidades digitales entre los estudiantes de la Carrera de Computación en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, facilitando una valoración numérica precisa y una comparación efectiva entre grupos de estudiantes (Taherdoost, 2022).

Diseño de la Investigación

El diseño cuantitativo descriptivo se seleccionó por su capacidad para detallar y cuantificar las diferencias en habilidades digitales, facilitando la evaluación de estas habilidades entre los géneros.

Participantes

Se eligió a los estudiantes de la Carrera de Computación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí mediante un muestreo de población finita y estratificado. Esto aseguró que la muestra fuese representativa de los 10 niveles de la carrera. Los criterios de inclusión fueron estar inscritos en la carrera y pertenecer a uno de los niveles académicos; se excluyó a quienes no estuviesen formalmente matriculados. Al momento de realizar la investigación se encontraban matriculados 311 estudiantes, de los cuales se tomaron 212 para la investigación, se consideró que más del 50% de los estudiantes tenía un nivel de habilidad alta en el manejo de contenidos digitales. Se trabajó con el 3,75% de error y el 95% de confianza.

Instrumento de Recolección de Datos

El cuestionario utilizado en este estudio se basó en el instrumento desarrollado y validado por Organista-Sandoval et al. (2017), este cuestionario original fue diseñado para evaluar habilidades digitales con un enfoque educativo en estudiantes de una universidad pública mexicana. El instrumento abarcó cuatro dimensiones clave: manejo de información, comunicación, organización y tecnología portátil.

La metodología para desarrollar el cuestionario implicó la consulta a expertos para delimitar factores, elaborar reactivos y estimar un indicador de univocidad. Se realizó un análisis preliminar basado en modelado estructural de ecuaciones, lo que proporcionó evidencias de validez de la escala desarrollada. El cuestionario fue aplicado a una muestra aleatoria de 350 estudiantes, y se propuso un modelo conceptual para el constructo de habilidad digital. Este modelo mostró congruencia esperada entre las variables observadas y la estructura

propuesta, obteniendo valores aceptables en índices de bondad de ajuste como RMSEA, GFI y AGFI (Sandoval, et al. 2017).

Para este estudio, se adaptó el cuestionario incorporando una sección adicional sobre el manejo de herramientas de inteligencia artificial, como chatGPT, para evaluar la familiaridad con tecnologías emergentes y su integración en el contexto educativo. Esta adición fue realizada para reflejar los cambios recientes en el panorama tecnológico y su impacto en las habilidades digitales requeridas en la educación superior.

El uso de este cuestionario validado asegura la confiabilidad y relevancia de los datos recopilados, permitiendo una evaluación efectiva de las habilidades digitales de los estudiantes de la Carrera de Computación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. La adaptación realizada permite que el instrumento siga siendo pertinente y actualizado para evaluar competencias digitales en un entorno educativo en constante evolución. La estructura del cuestionario se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Estructura del cuestionario de medición de las habilidades digitales según las cinco dimensiones de interés

Dimensión	Secciones	Nombre	N° de preguntas
Información General	Sección General	Datos Generales	11
Habilidades básicas	Sección I	Manejo de Información	7
	Sección II	Manejo de comunicación	5
	Sección III	Manejo de tecnología portátil	6
	Sección IV	Organización	4
Habilidades avanzadas	Sección V	Programación y desarrollo	4
Inteligencia Artificial	Sección VI	Inteligencia artificial	7

Dimensión: Información General

Preguntas relativas a datos demográficos de los estudiantes como sexo, carrera, ingresos familiares, edad y nivel en la carrera.

Relevancia: Establecer un perfil demográfico de los participantes para analizar cómo las características personales pueden influir en las habilidades digitales.

Dimensión: Habilidades Básicas

Preguntas sobre el uso y conocimiento de herramientas informáticas básicas como procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.

Relevancia: Evaluar el nivel de competencia en habilidades digitales fundamentales.

Dimensión: Habilidades Avanzadas

Preguntas sobre programación, uso de bases de datos y otras habilidades técnicas avanzadas.

Relevancia: Determinar la capacidad de los estudiantes para manejar tareas informáticas más complejas.

Dimensión: Uso de Inteligencia Artificial (ChatGPT)

Preguntas específicas sobre la familiaridad y uso de herramientas de inteligencia artificial como ChatGPT.

Relevancia: Valorar el grado de conocimiento y adaptación a tecnologías emergentes en el ámbito de la IA.

Procedimiento de Recolección de Datos

El cuestionario se realizó mediante la herramienta Google Forms, accesible solo con cuentas institucionales de los estudiantes. Para garantizar una alta tasa de respuesta, se realizaron visitas al aula y se promovió la participación a través de docentes y coordinadores. La confidencialidad se aseguró al no recopilar identificaciones personales.

Análisis de Datos

Los datos recopilados se analizaron utilizando software estadístico. Se emplearon pruebas estadísticas específicas, como la prueba t para comparar medias y análisis de varianza, para evaluar las diferencias entre grupos. Estas pruebas se seleccionaron por su utilidad para contrastar grupos y evaluar relaciones entre variables.

Consideraciones Éticas

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes. La privacidad y confidencialidad de los datos se mantuvieron en todo momento, siguiendo los principios éticos de la investigación.

Limitaciones del método

Se reconoce que puede haber sesgos en la selección de la muestra y en la autoevaluación de habilidades digitales. La metodología no permitió establecer causalidad, solo descripción y correlación.

Resultados y Discusión

En esta sección, se presentan y analizan los resultados obtenidos mediante el cuestionario aplicado a los estudiantes de la Carrera de Computación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. El análisis se divide en dos componentes principales: un análisis descriptivo, que ofrece una visión general de las características y tendencias en la muestra estudiada, y un análisis inferencial, que investiga las diferencias y relaciones entre las variables clave.

El análisis descriptivo se centró en la distribución de variables como el género de los participantes y los dispositivos utilizados para tareas y acceso a Internet. Este enfoque fue esencial para comprender las características demográficas y tecnológicas del grupo estudiado, lo que es crucial para entender el contexto de desarrollo de sus habilidades digitales (Smith, 2020).

Por otro lado, el análisis inferencial utilizó pruebas no paramétricas, como la prueba U de Mann-Whitney, para explorar diferencias en las respuestas del cuestionario, especialmente en áreas relacionadas con programación y uso de inteligencia artificial. Este enfoque permitió examinar en profundidad las diferencias en habilidades digitales entre géneros, un aspecto importante dado el interés actual en la equidad de género en educación tecnológica (Martínez y Hernández, 2021).

Los resultados presentados son fundamentales para comprender el estado actual de las habilidades digitales de los estudiantes y para identificar áreas donde es necesaria una intervención. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y prácticas educativas en el ámbito de la tecnología y la competencia digital.

Análisis Descriptivo

Presentación de datos descriptivos

En el análisis descriptivo de los datos recolectados, se presentan dos tablas principales. En la Tabla 2 se muestra la distribución por género de los encuestados. En ella, se observa que, de los 210 participantes, 162 fueron hombres (77.1%) y 48 mujeres (22.9%). Esta distribución fue significativa, ya que reflejó una mayor proporción de hombres en la muestra, lo que podría influir en las percepciones y respuestas relacionadas con las habilidades digitales.

Tabla 2

Sexo de los encuestados

Sexo	Frecuencia	Frecuencia relativa
Hombre	162	77,1%
Mujer	48	22,9%
Total	210	100,0%

La Tabla 3 detalla los dispositivos más frecuentemente utilizados por los estudiantes para realizar tareas y acceder a Internet. Según los datos, el 69.7% de los estudiantes prefiere usar móviles, mientras que el 30.3% opta por computadoras. Esta preferencia por dispositivos móviles sugiere una tendencia hacia la movilidad y el acceso constante a recursos digitales entre los estudiantes.

Tabla 3

Dispositivos frecuentes para la realización de tareas ya acceso a Internet

Dispositivos utilizados	Frecuencia	Frecuencia relativa
Móvil	147	69.7 %
Computadora	63	29.8 %
Tablet	1	0,5%
Total	211	100,0%

En la Tabla 4 se muestra la frecuencia con la que los estudiantes han tomado un curso de tecnología. De los 211 estudiantes encuestados, 144 (67.9%) indicaron que no han realizado ningún curso de tecnología, mientras que 67 (32.1%) afirmaron haber participado en algún tipo de formación tecnológica. Estos datos revelaron que una mayoría significativa de los estudiantes no ha recibido educación formal en tecnología, lo que sugiere que su aprendizaje en esta área puede ser predominantemente autodidacta o informal.

Tabla 4

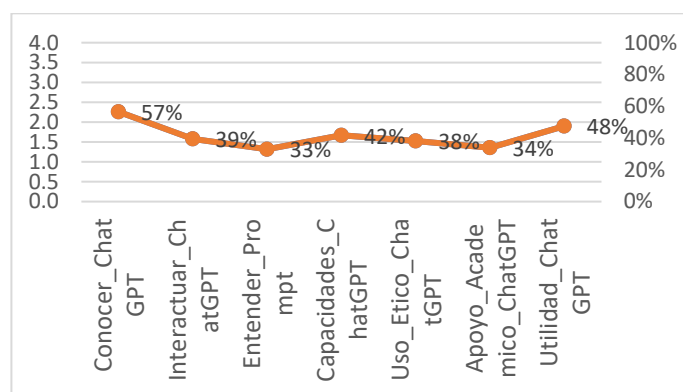
Ha realizado algún curso de tecnología

Ha realizado algún curso	Frecuencia	Frecuencia relativa
No	144	67,9%
Sí	67	32,1%
Total	211	100,0%

Además, se presenta la Figura 1, en donde se realiza una clasificación de las calificaciones obtenidas en el uso y manejo de herramientas de inteligencia artificial. La figura destaca que la pregunta 1, relacionada con el conocimiento de ChatGPT, obtuvo la calificación más alta, indicando una popularidad y familiaridad notable de ChatGPT entre los estudiantes; por otro lado, las preguntas con calificaciones más bajas se refirieron a la comprensión del *prompt* y al uso de ChatGPT como apoyo académico, lo que señala posibles áreas de mejora o de necesidad de mayor formación.

Figura 1

Calificaciones obtenidas en el uso y manejo de herramientas de Inteligencia Artificial



Interpretación de Datos Descriptivos

La interpretación de los datos descriptivos reveló aspectos significativos sobre el perfil tecnológico de los estudiantes. La preferencia marcada por dispositivos móviles, observada en este estudio, reflejó tendencias similares reportadas en la literatura, donde se destaca la creciente movilidad y el acceso *on-the-go* a recursos digitales (Fernández-Cruz y Fernández-Díaz, 2016). Esto sugiere que los programas educativos deben adaptarse para aprovechar estas tecnologías móviles, tal como se ha sugerido en estudios que enfatizan la necesidad de integrar métodos de enseñanza móvil y flexible en la educación superior (Johnson y Davies, 2019).

La distribución de género en la muestra, con una mayor proporción de hombres, se alineó con los hallazgos de Smith (2020), que indican diferencias de género en el acceso y uso de la tecnología. Esto subraya la necesidad de desarrollar estrategias educativas que consideren estas diferencias para fomentar una mayor equidad en las habilidades digitales (López y García, 2019).

La evidencia de que muchos estudiantes no han participado en formaciones formales en tecnología resalta la importancia de incorporar oportunidades de aprendizaje estructuradas en el currículo; la educación formal en tecnología es clave para el desarrollo de habilidades digitales sólidas (Martínez y Hernández, 2021). La integración de estas oportunidades podría preparar a los estudiantes de manera más efectiva para los desafíos tecnológicos actuales y futuros.

Por último, la familiaridad con herramientas como ChatGPT indicó una predisposición positiva hacia las tecnologías emergentes. Sin embargo, las bajas calificaciones en áreas como la comprensión del 'Prompt' y la aplicación de ChatGPT en contextos académicos resaltaron la necesidad de una formación más profunda. Estudios como el de González-Pérez (2020) sugieren que la instrucción específica en el uso de tecnologías emergentes puede mejorar significativamente la competencia digital de los estudiantes.

Presentación de resultados de pruebas estadísticas

Prueba U de Mann-Whitney

La Tabla 5 presenta los resultados de la prueba U de Mann-Whitney, aplicada para evaluar diferencias entre las respuestas de hombres y mujeres. El valor de U de Mann-Whitney fue 2943 con un valor p de 0.011, lo que evidenció la diferencia significativa en al menos una pregunta del cuestionario entre los géneros.

Tabla 5

Prueba T para Muestras Independientes

Estadístico			p
Promedio_F	U de Mann-Whitney	2943	0.011
Nota. $H_a \mu_{\text{Mujer}} \neq \mu_{\text{Hombre}}$			

Análisis post hoc de interacciones con ChatGPT

Para determinar en qué preguntas se encuentran las diferencias significativas, se realizó un análisis *post hoc*. La Tabla 6 muestra que en las interacciones con ChatGPT, hay una diferencia reveladora entre hombres y mujeres, con un valor W de 3.82 y un valor p de 0.007.

Tabla 6

Interacciones con ChatGPT

Género		W	p
Mujer	Hombre	3.82	0.007

Análisis Pos Hoc sobre Entender el Prompt

El análisis Pos Hoc continuó con la pregunta sobre la comprensión del 'Prompt'. Como se muestra en la Tabla 7, también se encontraron diferencias representativas en esta área, con un valor W de 3.24 y un valor p de 0.022.

Tabla 7

Entender Prompt

		W	p
Mujer	Hombre	3.24	0.022

Análisis Pos Hoc sobre Uso de ChatGPT para Apoyo Académico

Finalmente, en la Tabla 8, se presentan los resultados del análisis Pos Hoc relacionado con el uso de ChatGPT para apoyo académico. Aquí también se observaron diferencias relevantes entre géneros, con un valor W de 3.50 y un valor p de 0.013.

Tabla 8

Apoyo Académico

		W	p
Mujer	Hombre	3.50	0.013

Interpretación Detallada de los Resultados Inferenciales

Los resultados inferenciales derivados de la aplicación de las pruebas U de Mann-Whitney y los análisis *post hoc* indicaron diferencias significativas en las respuestas entre hombres y mujeres. Estas fueron particularmente notables en áreas relacionadas con el uso de ChatGPT y la comprensión de prompts. Estas variaciones no solo destacan las diferencias en cómo se perciben y utilizan las herramientas tecnológicas entre géneros, sino que también sugieren la influencia de factores contextuales tales como la exposición previa a tecnología, las actitudes personales y las experiencias educativas.

Al comparar estos resultados con investigaciones previas, como el estudio realizado por Connell (2005) que exploró las diferencias de género en el contexto educativo, se evidenció una persistencia en ciertos aspectos de la brecha de género en el uso de la tecnología. Sin embargo, también se observaron indicios de progreso. Connell destacó cómo las disparidades de género en la educación y el acceso a la tecnología pueden generar diferencias en la habilidad y confianza para manejar herramientas digitales. En línea con esto, las variaciones que se notaron en la interacción con ChatGPT y la comprensión de los *prompts* podrían ser un eco de estas desigualdades aún presentes.

Es crucial reconocer que las diferencias en la adopción y uso de la tecnología no solo se deben a factores históricos, sino también a elementos contemporáneos, como la evolución en las actitudes sociales y la educación. Investigaciones recientes, como las de Kashyap et al. (2020) y Karyotaki et al. (2022), señalan que, aunque aún existen disparidades de género, se observa una tendencia hacia una mayor igualdad entre las generaciones más jóvenes en lo que respecta a la tecnología.

Esta tendencia se refleja también en el uso de herramientas como ChatGPT para el apoyo académico. La comprensión y utilización de estas herramientas varía, lo que resalta la importancia de implementar estrategias educativas específicas que aborden dichas diferencias. Según sugieren González-Pérez (2020) y Johnson y Davies (2019), la provisión de formación y recursos adaptados a las necesidades de diferentes géneros puede ser clave para incrementar la competencia y confianza en el manejo de tecnologías emergentes.

Conclusiones

Hallazgos Principales

El estudio realizado identifica diferencias significativas en las habilidades digitales y la utilización de herramientas tecnológicas, como ChatGPT, entre los estudiantes de ambos géneros de la Carrera de Computación. Se revela que, a pesar de una familiaridad general con la tecnología digital, existen áreas específicas, como la comprensión del *prompt* y el uso de ChatGPT para apoyo académico, en las que las disparidades de género son evidentes. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis inicial del estudio, sugiriendo que las diferencias de género afectan significativamente la interacción con la tecnología. Esto está en línea con estudios anteriores que han señalado la existencia de brechas de género en la educación tecnológica.

Avances y Cambios en la Educación Tecnológica

Los resultados también sugieren un progreso hacia una mayor equidad de género en ciertas áreas de la tecnología, lo que podría reflejar cambios en las actitudes y experiencias educativas relacionadas con la tecnología. Este aspecto del estudio aporta una visión más matizada sobre el desarrollo de habilidades digitales entre los estudiantes, resaltando la importancia de adaptar las estrategias educativas para ser inclusivas y atender las necesidades específicas de cada género.

Limitaciones y Direcciones para Futuras Investigaciones

Si bien el estudio proporciona observaciones valiosas, también presenta limitaciones, incluyendo el tamaño y la composición de la muestra, y el método de recopilación de datos. Estas limitaciones sugieren la necesidad de futuras investigaciones que utilicen muestras más grandes y diversas. Sería especialmente provechoso explorar cómo las experiencias educativas previas, la exposición a la tecnología y las actitudes sociales influyen en las habilidades digitales de los estudiantes. Además, investigar el impacto de intervenciones educativas específicas que busquen mejorar las habilidades digitales y disminuir las disparidades de género será crucial.

Implicaciones Prácticas y Contribuciones al Campo

Los esfuerzos para comprender y abordar las diferencias observadas contribuirán significativamente al desarrollo de un cuerpo de conocimiento más robusto en la educación tecnológica. Este estudio guía hacia la implementación de prácticas educativas que promuevan la igualdad de género y la competencia digital en todos los estudiantes, mejorando así la competencia digital en la educación superior.

Reconocimientos

Se destaca la contribución de las carreras de Computación y de Electrónica y Automatización de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, cuya colaboración en el proceso de recolección de datos ha sido invaluable. Asimismo, se agradece profundamente a los estudiantes que accedieron a participar en esta investigación, contribuyendo así de manera significativa a la profundidad y relevancia de los hallazgos presentados.

Referencias

- Connell, R. W. (2005). Cambio de paradigmas en la educación de género. *Journal of Gender Studies*, 14(1), 105-114.
- Connell, R. W. (2005). Change among the gatekeepers: Men, masculinities, and gender equality in the global arena. *Journal of Women in Culture and Society*, 30(3), 1801-1825.
- Fernández-Cruz, F. J., y Fernández-Díaz, M. J. (2016). Generación Móvil: Aprendizaje y Comunicación en la Era del Smartphone. *Revista de Educación y Tecnología*, 23, 77-88.
- González-Pérez, L. I. (2020). El impacto de la instrucción tecnológica en la competencia digital de los estudiantes. *Journal of Technology and Science Education*, 10(1), 112-124.
- Grande-de-Prado, M., Cañón, R., García-Martín, S., y Cantón, I. (2020). Digital Competence and Gender: Teachers in Training. A Case Study. *Future Internet*, 12, 204.
- Johnson, L., y Davies, S. (2019). Educación Móvil: El futuro de la enseñanza y el aprendizaje. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(25), 1-13.
- Karyotaki, E., et al. (2022). Género y tecnología: Un estudio de las tendencias actuales. *Journal of Technology and Gender Studies*, 5(1), 22-38.
- Karyotaki, M., Bakola, L. N., Drigas, A., y Skianis, C. (2022). Women's Leadership via Digital Technology and Entrepreneurship in business and society. *Technium Social Sciences Journal*.
- Kashyap, R., et al. (2020). Diferencias de género en la adopción de tecnología: Un análisis global. *Journal of Technology and Social Change*, 15(2), 330-345.

- Kashyap, R., Fatehkia, M., Al Tamime, R., y Weber, I. (2020). Monitoring global digital gender inequality using the online populations of Facebook and Google. *Demographic Research*, 43, 779-816.
- Lechman, E., y Popowska, M. (2022). Overcoming gender bias in the digital economy. Empirical evidence for European countries. *Gender, Technology and Development*, 26, 404-436.
- López, P., y García, A. (2019). Habilidades digitales en la educación superior: Un análisis descriptivo. *Revista de Educación en Tecnología*, 14(2), 55-65.
- Martínez, R., y Hernández, M. (2021). Equidad de género en educación tecnológica: Retos y oportunidades. *Journal of Technology Education and Gender Studies*, 3(1), 23-37.
- Martínez-Cantos, J. L. (2017). Digital skills gaps: A pending subject for gender digital inclusion in the European Union. *European Journal of Communication*, 32, 419-438.
- Morduchowicz, R. (2021). *Competencias y habilidades digitales*. Montevideo, Uruguay: Unesco.
- Organista Sandoval, J., Lavigne, G., Serrano Santoyo, A., y Sandoval Silva, M. (2017). Desarrollo de un cuestionario para estimar las habilidades digitales de estudiantes universitarios. *Revista Complutense de educación*. http://dx.doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n1.49802.
- Palomares-Ruiz, A., Cebrián-Martínez, A., García-Toledano, E., y López-Parra, E. (2021). Digital gender gap in university education in Spain. Study of a case for paired samples. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121096.
- Pinkard, N. (2005). How the Perceived Masculinity and/or Femininity of Software Applications Influences Students' Software Preferences. *Journal of Educational Computing Research*, 32, 57-78.
- Prasetya, B., Hidayah, U., y Adawiyah, R. (2020). RELIGIOUS FUNDAMENTALISM AMONG STUDENTS. *Conciencia*.
- Saha, S., y Zaman, M. O. (2017). Gender Digital Divide in Higher Education: A Study on University of Barisal, Bangladesh. *IOSR Journal of Humanities and Social Science*, 22, 11-17.
- Shaw, L. H., y Gant, L. (2002). Users divided? Exploring the gender gap in Internet use. *Cyberpsychology y behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 5(6), 517-27.
- Smith, J. (2020). Tendencias en el uso de tecnología digital en la educación. *Journal of Digital Education Research*, 2(4), 112-126.
- Taherdoost, H. (2022). What are Different Research Approaches? Comprehensive Review of Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Research, Their Applications, Types, and Limitations. *Journal of Management Science y Engineering Research*. <https://doi.org/10.30564/jmser.v5i1.4538>.

El derecho informático y la influencia en los sistemas de información: un análisis bibliográfico bajo la perspectiva jurídica y tecnológica en Ecuador

Computer Law and its Influence on Information Systems: A Bibliographic Analysis from Legal and Technological Perspective in Ecuador

Iván Alfonso Moreira Moreira¹ <https://orcid.org/0009-0007-6698-6836>,
Marlon Navia Mendoza¹ <https://orcid.org/0000-0001-9775-3778>, Jorge Parraga-Alava¹
<https://orcid.org/0000-0001-8558-9122>

¹Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Informáticas, Portoviejo,
Ecuador

imoreira4530@utm.edu.ec, marlon.navia@utm.edu.ec,
jorge.parraga@utm.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Enviado: 2024/04/03

Aceptado: 2024/06/25

Publicado: 2024/06/30

Resumen

Esta investigación se centró en el derecho informático y los sistemas de información en Ecuador. El objetivo fue analizar la perspectiva jurídica y tecnológica del derecho informático y su influencia en los sistemas de información en el contexto ecuatoriano. Se estableció un protocolo de revisión PRISMA para obtener la bibliografía y se aplicaron técnicas avanzadas como Word2Vec y análisis de similitud del coseno en dos corpus lingüísticos distintos (español e inglés). Los dendrogramas proporcionaron una representación visual, destacando los grupos de artículos y la complejidad de la relación entre derecho informático y sistemas de información. La comparación entre los corpus resaltó similitudes y diferencias, como la conexión más marcada entre dos artículos del corpus en español. El estudio reveló conexión significativa entre el derecho informático y los sistemas de información, destacando temas comunes como delitos informáticos, protección de datos y propiedad intelectual. Se identificaron vínculos respaldados por la legislación ecuatoriana en áreas como la protección de software y el comercio electrónico; sin embargo, se subraya la necesidad de una implementación efectiva de las leyes y una cooperación internacional más amplia para abordar desafíos como la delincuencia informática. El estudio puso de manifiesto las disparidades y

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

Como citar: Moreira, I., Navia, M. & Parraga-Alava, J. (2024). El derecho informático y la influencia en los sistemas de información: un análisis bibliográfico bajo la perspectiva jurídica y tecnológica en Ecuador. *Revista Tecnológica - Espol*, 36(1), 162-178.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1151>

conexiones entre el derecho informático y los sistemas de información en Ecuador. Se resalta la necesidad de adoptar un enfoque interdisciplinario para futuras investigaciones.

Palabras clave: Jurisdicción, legislación, regulación, seguridad, tecnología.

Abstract

This research focused on computer law and information systems in Ecuador. The aim was to analyze the legal and technological perspectives of computer laws and their influence on information systems in the Ecuadorian context. A PRISMA review protocol was established to obtain the bibliography, and advanced techniques such as Word2Vec and cosine similarity analyses were applied to two different linguistic corpora (Spanish and English). Hierarchical dendrograms provided a visual representation, highlighting groups of articles and the complexity of the relationship between computer law and information systems. The comparison between the corpora showed similarities and differences, such as the more marked connection between two of the articles in the Spanish corpus. The study revealed a significant connection between computer law and information systems, underscoring common themes such as cybercrime, data protection, and intellectual property. Links supported by Ecuadorian legislation were identified in areas such as software protection and e-commerce. However, the need to effectively implement the laws and broader international cooperation to address challenges such as cybercrime is emphasized. The study demonstrated disparities and connections between Ecuador's computer law and information systems. The need to adopt an interdisciplinary approach for future research is underlined.

Keywords: Jurisdiction, legislation, regulation, security, technology.

Introducción

El rápido progreso de las tecnologías de la información durante el último decenio ha posicionado al derecho informático (DI) y a los sistemas de información en el centro de la revolución digital. La digitalización y la convergencia tecnológica están transformando la sociedad, lo que hace que la intersección entre la tecnología y el derecho sea más relevante que nunca. Este fenómeno se debe a las interacciones cotidianas y a la completa digitalización e integración de nuevas tecnologías, marcando un hito significativo en la manera en que se maneja la información y los datos (Perasso, 2016). Esta revolución, según Klaus Schwab, del Foro Económico Mundial, marca un cambio de paradigma al fusionar los mundos físico, digital y biológico (Schwab, 2016). En este escenario, el DI emerge como un campo fascinante y desafiante, como señala Jorge Vega en la Revista Iberoamericana de Derecho Informático (Iracelay, 2019). Esta fusión de la tecnología y el derecho plantea desafíos legales y éticos constantes, exigiendo la participación activa de juristas o informáticos para entender la regulación de las tecnologías emergentes.

El DI tiene sus raíces en 1949 con las obras de Norbert Wiener y el juez Lee Loevinger, quienes destacaron la influencia de la cibernética en el ámbito jurídico (Perasso, 2016). Además, la Informática Jurídica surge en Estados Unidos en 1959, con las primeras investigaciones en recuperación automatizada de documentos en la década de 1950 (Iracelay, 2019). En el Ecuador, el DI trasciende su función ejecutiva para proporcionar instrucción jurídica-tecnológica. Este estudio se centra en la relación entre el derecho informático y los sistemas de información en Ecuador, examinando el surgimiento de regulaciones, la aplicación de legislación estatal e internacional, y estudios relacionados de documentos científicos (Barraza, 2018), bajo una metodología científica (Del canto & Silva, 2013). A menudo, la investigación sobre esta relación es escasa o carece de contenido relevante, a pesar de ser temas

contemporáneos y relevantes; por tanto, se destaca la necesidad de abordar este problema a fondo.

El objetivo de este trabajo es aplicar un protocolo de revisión bibliográfica para analizar tanto la perspectiva jurídica como tecnológica del derecho informático y su influencia en los sistemas de información en el contexto ecuatoriano.

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: una sección del estado del arte relacionado a la temática del artículo, la revisión bibliográfica pertinente para el cumplimiento del objetivo planteado, luego se presentan los resultados y a partir de ellos se genera una sección denominada discusión, donde se contextualizan y comparan hallazgos con otras publicaciones relevantes ofreciendo un análisis crítico de la problemática; y por último, la conclusión, que en esencia proyecta una visión hacia adelante, responde a los objetivos planteados y proporciona dirección para investigaciones y aplicaciones prácticas futuras.

Estado del arte

La relación entre los sistemas informáticos (SI) y la legislación es esencial en la era moderna, donde la tecnología informática juega un papel fundamental en todas las esferas de la vida (Perasso, 2016; Luna, 2019; Chica & Marín, 2017). Los SI desempeñan un rol crucial en la producción y distribución de contenido digital, como software, música, películas y libros electrónicos (Iracelay, 2019; Chica & Marín, 2017; Trivedi et al., 2021). Gestionar legalmente estos proyectos según las legislaciones y regímenes jurídicos de cada Estado es crucial para evitar consecuencias legales e integridad en su desarrollo (Trivedi et al., 2021; Farías et al., 2023; Macías et al., 2022; Gutiérrez & Tibiriça, 2016). La regulación de la protección de datos personales propuesta por Becerril y Ortigoza fortalece la legislación y transforma el DI (Macías et al., 2022). Las implicaciones legales en SI se centran en la seguridad de la información, la protección de datos y el acceso a la información pública (Dany, 2021; Salas, 2018). Prevenir y erradicar malas prácticas en la administración con el uso de tecnología es fundamental para garantizar este derecho esencial y evitar problemas legales (Dany, 2021; Salas, 2018).

En Ecuador, la legislación establece normativas para proteger la privacidad y seguridad de los datos, como el Reglamento General de Protección de Datos, y aborda la seguridad de los SI y la protección contra amenazas cibernéticas (Macías et al., 2022). Esto se refleja en leyes que sancionan el acceso no autorizado a sistemas informáticos, la difusión de malware y la realización de ataques informáticos (Macías et al., 2022; Maniadak et al., 2021); también, la legislación de propiedad intelectual salvaguarda los derechos de los creadores y establece directrices para el uso legítimo de dicho contenido; además, regula las transacciones comerciales llevadas a cabo a través de estos sistemas, como compras, contratos electrónicos y servicios financieros en línea, asegurando la validez legal de estas y protegiendo a los consumidores (Macías et al., 2022); asimismo, existen leyes que definen y sancionan delitos informáticos, como fraude, robo de identidad, ciberacoso y piratería informática (Farías et al., 2023; Macías et al., 2022).

El desafío de integrar el derecho con la informática representa una nueva tendencia (Iracelay, 2019; Trivedi et al., 2021); sin embargo, las vulnerabilidades técnicas en la tecnología han puesto en riesgo los derechos y datos personales (Luna, 2019; Dany, 2021). La expansión del DI requiere un marco regulatorio basado en decisiones que definan y apliquen normas (Chica & Marín, 2017; Trivedi et al., 2021). El análisis de las tecnologías de la información conduce al estudio de los sistemas de información, que engloban personas, datos y procesos dentro de una organización (Trivedi et al., 2021; Farías et al., 2023; Dany, 2021).

En este contexto, la Informática Jurídica (IJ) es una disciplina que aborda la convergencia entre el derecho y la informática (Iracelay, 2019; Trivedi et al., 2021; Gutiérrez & Tibirica, 2016), con el propósito de mejorar la eficiencia y accesibilidad de los procesos legales mediante el uso de herramientas informáticas (Gutiérrez & Tibirica, 2016; Moia, 2022). Comprende diversas áreas, como la informática documental, que facilita la gestión y búsqueda de documentos legales, y la informática de gestión, que se enfoca en administrar despachos legales y departamentos jurídicos (Svantesson, 2018). Busca aplicar la informática en la recuperación y análisis de información legal para la toma de decisiones jurídicas (Farías et al., 2023).

Por su parte, el DI es una rama legal crucial que regula las relaciones jurídicas en el ámbito de la informática y las tecnologías de la información (Iracelay, 2019; Trivedi et al., 2021), se adapta constantemente al rápido avance tecnológico para regular nuevas prácticas informáticas y tecnologías emergentes (Gutiérrez & Tibirica, 2016). Además, busca armonización y cooperación internacional debido a que muchas de sus regulaciones trascienden las fronteras nacionales (Iracelay, 2019; Trivedi et al., 2021). Esta disciplina abarca las áreas ya mencionadas: protección de datos personales, seguridad informática, delitos informáticos, comercio electrónico, propiedad intelectual en el ámbito digital, regulación de la firma electrónica, responsabilidad legal de servicios en línea, acceso a la información y derecho a la privacidad en internet (Maniadak et al., 2021).

Estos términos, surgieron como respuesta a los cambios sociales y políticos derivados de la Sociedad de la Información. Además, al DI se le atribuyen diversos términos como Derecho Telemático o Derecho del Ciberespacio (Dany, 2021; Yang et al., 2023). En definitiva, su objetivo es establecer normativas que regulen la creación, desarrollo y uso de la informática, así como los problemas legales asociados (Iracelay, 2019; Trivedi et al., 2021; Farías et al., 2023). Es así que, otras leyes recientes, como la Ley de comercio electrónico, mensajes de datos y firmas electrónicas (Camacho et al., 2020), junto con las reformas al Código Orgánico Integral Penal que abordan los delitos Informáticos, han introducido nuevas herramientas legales, por lo que es crucial que los futuros abogados las conozcan y estudien para utilizarlas adecuadamente (Rodríguez & Salcedo, 2021).

Materiales y Métodos

En el presente trabajo se aplicó una revisión bibliográfica, así como un análisis de texto, es decir, se trata de una investigación de tipo documental que va desde la relación de datos existentes en las fuentes bibliográficas y proporciona una visión panorámica-sistemática en múltiples fuentes dispersas (Barraza, 2018). El enfoque que se aplicó en este trabajo, según Del Canto et. al., (2013) fue el cuantitativo, ya que permitió obtener resultados numéricos según las variables de estudio, siendo así un método indicado para dar resultados precisos para obtener nuevos datos y analizar estos enfoques para llegar a un resultado exacto. Se aplicó una revisión bibliográfica y un análisis de texto, lo que implica la recopilación y análisis de datos de manera documental. Esta metodología proporciona una visión panorámica y sistemática de múltiples fuentes dispersas. (Neil & Cortez, 2017).

Este trabajo se basó en una metodología que incluyó la realización de una revisión bibliográfica centrada en el derecho informático y los sistemas de información en el contexto ecuatoriano. Por otro lado, se aplicó el método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) como guía para la realización de la revisión de literatura, proporcionando un marco detallado y estructurado para planificar, realizar y reportar estos tipos de estudios de manera transparente y completa (Barraza, 2018).

La metodología se articuló en distintas fases con el objetivo de identificar, explorar y analizar de manera exhaustiva los textos recopilados durante la revisión bibliográfica, así como la información adicional derivada de la búsqueda bibliográfica, que se llevó a cabo con la recopilación y organización sistemática de la información textual proveniente de las fuentes bibliográficas preseleccionadas. Este proceso garantizó la conformación de un conjunto de datos representativos, que abarcaron de manera integral el panorama del DI y los sistemas de información en Ecuador. La rigurosidad en la selección de fuentes permitió construir una base sólida para la posterior aplicación de los modelos de búsqueda bibliográfica, que constituyeron un enfoque robusto y eficaz para promover una comprensión más profunda y detallada de los avances legales y tecnológicos en este ámbito específico.

Plan de revisión bibliográfica

Se hizo la formulación del plan de búsqueda donde se especificaron todos los aspectos, características que son de mayor impacto y que es donde se va a reunir la mayor información posible para proceder a realizar el respectivo análisis de datos. Los criterios de inclusión fueron trabajos publicados entre los años 2016 y 2023, escritos en idioma inglés o español. Los criterios de exclusión fueron publicaciones al año 2016, trabajos de titulación de grado o posgrado, libros, resúmenes, revisiones de literatura, cartas al editor, publicaciones no accesibles o que no cumplan con las palabras de búsqueda pertenecientes al tema de estudio. Una vez establecido el alcance de la investigación, para emplear la revisión bibliográfica y la estrategia de búsqueda de acuerdo al plan de revisión, se seleccionaron varias bases de datos, entre las cuales se encontraron Scielo, Scopus, Google Scholar, Science Direct, SpringerLink, AM Digital Library e IEEEExplore.

Los términos de búsqueda se definieron según los criterios de inclusión y exclusión y se enlistan los siguientes: derecho informático: *information systems* (sistemas de información), *computer law* (derecho informático), *technological influence* (influencia tecnológica), *legal perspective* (perspectiva jurídica), *computer legislation in Ecuador* (legislación informática en Ecuador), *data protection* (protección de datos), *cybersecurity* (ciberseguridad), *cyber crime* (delitos informáticos). La cadena de búsqueda utilizada, basada en los términos de búsqueda es la siguiente: ("sistema informático" OR "sistemas de información" OR "aplicación informática OR "computer system" OR "application") AND ("derecho informático" OR "legislación informática" OR "computer law" OR "leyes") AND ("Ecuador" OR "ecuatoriano" OR "ecuatoriana") AND ("derecho nuevas tecnologías" OR "informática jurídica" OR "justicia digital").

Plan de análisis de resultados

A continuación, se describe cómo se llevó a cabo este proceso:

Selección de documentos

En esta etapa, se realizó una cuidadosa selección de los documentos que sirvió como base para el modelo y la separación de los corpus (español-inglés). La selección se basó en criterios específicos, tales como la relevancia del contenido, la actualidad de la información, la calidad académica de las fuentes, y la adecuación al contexto ecuatoriano en el ámbito del Derecho Informático y los sistemas de información.

Representación de Documentos

Se emplearon diversas técnicas de representación para los documentos con el fin de capturar la esencia de los textos y facilitar su comparación. Estas técnicas abarcaron el análisis de relaciones y agrupaciones en corpus tanto en inglés como en español, que incluyeron componentes como el título, palabras claves, y resumen. Se utilizó la medida de similitud

Word2Vec en conjunto con la métrica de Coseno, las cuales fueron entrenadas en un modelo desarrollado en el lenguaje de programación Python. Este modelo, permitió cuantificar la similitud semántica entre los documentos y enriquecer su representación resultante de la revisión bibliográfica.

Posteriormente, se integró un enfoque de *clustering* jerárquico en estas medidas de similaridad, utilizando criterios de enlace tales como simple, completo y promedio. Este permitió agrupar los documentos jerárquicamente, considerando tanto la similaridad obtenida con Word2Vec y Coseno. Los resultados fueron representados en dendogramas de *clustering* jerárquico, ya que su naturaleza de agrupación lo permite.

Identificación de Grupos Temáticos

La identificación de grupos temáticos se llevó a cabo mediante el análisis de similitud entre los documentos. Esto permitió agrupar los documentos que comparten temas y enfoques similares. Para visualizar estos grupos y su relación jerárquica, se empleó un dendrograma, que proporcionó una representación gráfica de la estructura de los grupos temáticos. La creación de clústeres temáticos ayudó a comprender mejor las áreas de enfoque común en el derecho Informático y los sistemas de información en Ecuador.

Visualización y Análisis de Resultados

En esta fase, se analizaron resultados obtenidos a partir de los dendogramas en los grupos temáticos, destacando los grupos de artículos similares (tanto en español, para inglés). Para visualizar los mejores resultados y la relación entre los documentos de manera efectiva, se utilizó la obtención del criterio del índice de SILUETA para evaluar cual tenía mayor resultado cuantificable, es decir, que mostraron las relaciones entre los documentos en términos de similitud y cómo se relacionaron los artículos entre sí; además, se aplicaron técnicas estadísticas y de minería de datos para identificar tendencias, relaciones causales o patrones emergentes en los datos. En primera instancia, se esquematizaron los artículos seleccionados utilizando el esquema PRISMA, donde se muestra la manera en que se fueron excluyendo los trabajos, tal como se muestra en el Figura 1.

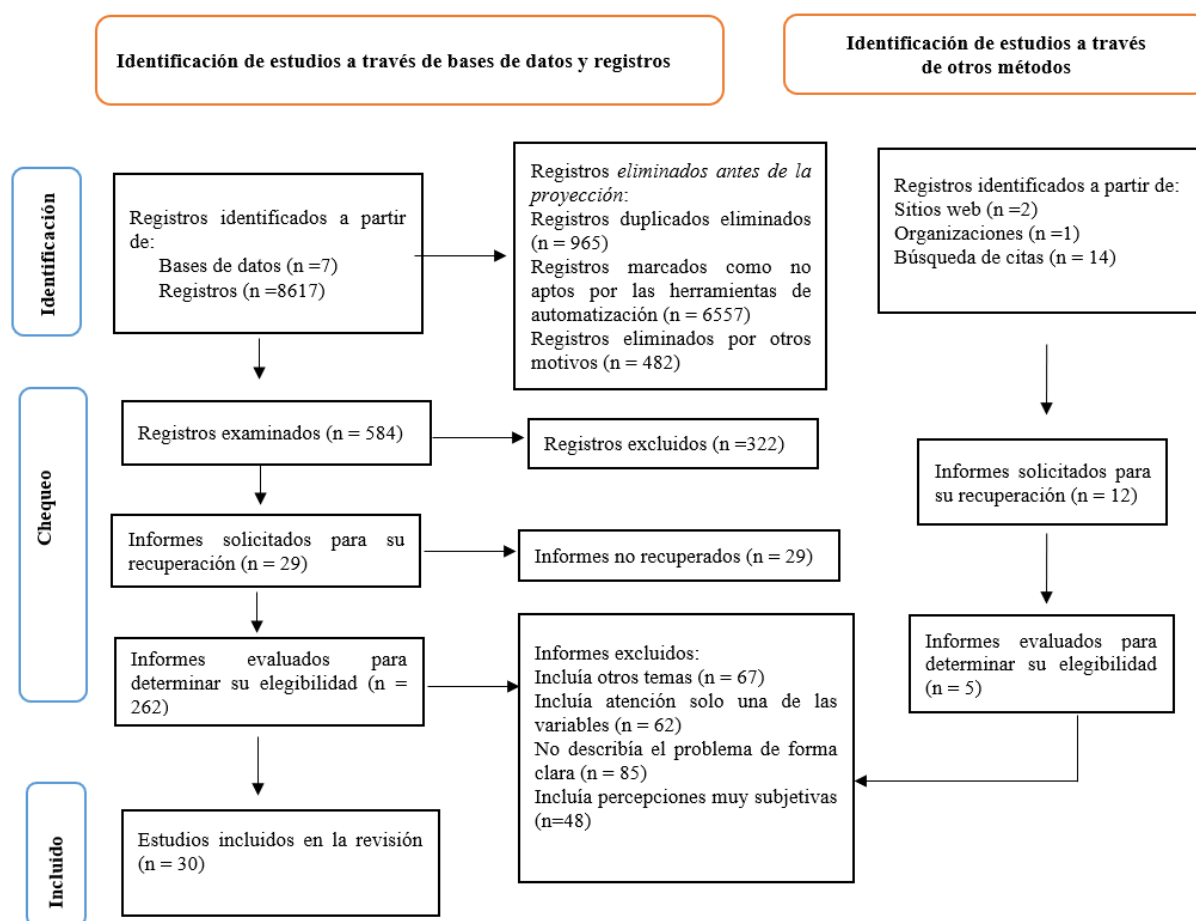
Resultados y Discusión

Resultados

En la Tabla 1, se muestra que se obtuvo un total de 8617 documentos de las diferentes bases de búsqueda empleadas sobre el DI y la relación en los sistemas de información. Tras la revisión, se redujo el número de publicaciones mediante los criterios de selección: tanto los de inclusión como los de exclusión analizando la lectura de su título, el año de su publicación, si tenían relación directa con el tema que sustenta este artículo, entre otros criterios, tal como se especifica en la Tabla 1.

Tabla 1
Resultados de la Revisión Bibliográfica

BASES DE BÚSQUEDA	NO. DE DOCUMENTOS	NO. DE DOCUMENTOS SELECCIONADOS
Scielo	29	4
Scopus	48	0
Google Scholar	3640	16
ScienceDirect	4834	7
SpringerLink	57	0
ACM Digital Library	3	1
IEEEExplore	6	2
TOTAL	8617	30

Figura 1*Resultados de la búsqueda y proceso de selección e inclusión del estudio*

A partir de esta reducción mediante la revisión se elaboró la Tabla 2, donde se presentan los hallazgos relacionados con el título hallado en cada trabajo con su respectivo año de publicación.

Tabla 2*Estudios seleccionados para el análisis*

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	TÍTULO DE PUBLICACIÓN	AÑO
(Luna, 2019)	La actuación ética en el ejercicio profesional del contador y la aplicación de la responsabilidad social empresarial.	2019
(Chica & Marín, 2017)	Perspectivas de la Conciliación Virtual en Colombia.	2017
(Trivedi et al., 2021)	Políticas públicas vigentes de salud mental en Suramérica: un estado del arte.	2016
(Fariás et al., 2023)	Implementación de sistemas de facturación electrónica en el marco del derecho informático: Desafíos y oportunidades para el desarrollo de sitios web en Ecuador.	2023
(Macías et al., 2022)	Casos frecuentes, penalización y prevención de los delitos informáticos en el Ecuador: una breve revisión sistemática.	2022
(Gutiérrez & Tibirica, 2016)	Marco civil de internet en Brasil y referentes en la región Américas	2016
(Dany, 2021)	Autenticidad y debido proceso en los mensajes de Whatsapp: Una revisión en los casos de divorcio.	2021
(Eboibi, (2017)	Tendencias tecnológicas y desafíos de la seguridad informática.	2018
(Valencia, 2021)	Emergence of blockchain-technology application in peer-to-peer electrical-energy trading: a review.	2021
(Salas, 2018)	Regulaciones de privacidad de datos en línea en Chile y Australia: una revisión crítica y desafíos futuros.	2018

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	TÍTULO DE PUBLICACIÓN	AÑO
(Maniadak et al, 2021)	Reconciling remote sensing technologies with personal data and privacy protection in the European Union: Recent developments in Greek legislation and application perspectives in environmental law.	2021
(Moia, 2022)	El salvataje en el concurso preventivo de las empresas de interés cultural. Una relectura de las normas y su aplicación	2022
(Svantesson, 2018)	Jurisdictional issues and the internet – a brief overview 2.0	2018
(Yang et al., 2023)	Blockchain for Credibility in Educational Development: Key Technology, Application Potential, and Performance Evaluation.	2023
(Camacho et al., 2020)	Seguridad de la información en sistemas de resolución de disputas en línea (ODR): Revisión de la literatura y análisis a la luz del contexto colombiano.	2020
(Rodríguez & Salcedo, 2021)	Estadística oficial y evaluación de políticas públicas: oportunidades y retos.	2021
(Batobara et al., 2018)	Challenges of blockchain technology adoption for e-government: a systematic literature review.	2018
(Almonte, 2019)	Blockchain y propiedad intelectual: investigación sobre sus avances y posibles usos.	2019
(Jaoude et al, 2019)	Blockchain Applications– Usage in Different Domain.	2019
(Estupiñán et al., 2019)	Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Teletrabajadores: Revisión Sistemática.	2019
(Ferreira & Sandner, 2021)	Eu search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure.	2021
(Greenleaf et al, 2018)	Building sustainable free legal advisory systems: Experiences from the history of AI & law.	2018
(Rodríguez, 2021)	Tecnologías Disruptivas: Contexto Político-Jurídico, Desafíos y Oportunidades en Latinoamérica.	2021
(Clarke, 2019)	Regulatory alternatives for IA.	2019
(Eboibi, 2017)	A review of the legal and regulatory frameworks of Nigerian Cybercrimes Act 2015.	2017
(Valencia, 2021)	Expediente clínico electrónico: Estado del arte	2021
(Palmiotto & Menéndez, 2023)	Facial recognition technology, democracy and human rights.	2023
(Zhang & Zha, 2023)	Systematic construction of lawfulness of processing employees' personal information under China's personal information protection law.	2023

En la Tabla 3 y Tabla 4, es posible evidenciar que, para realizar el análisis, se crearon dos corpus de datos: el corpus 1, con 17 artículos académicos en español, y el corpus 2, con 13 artículos académicos en inglés. Cada corpus está conformado por una tabla de datos que contenía, para cada artículo, el tema, el resumen y las palabras clave. Los datos de los dos corpus se procesaron en un modelo entrenado para el análisis de artículos, con el objetivo de entender la similitud entre ellos. El procesamiento de los datos se realizó utilizando medidas de similaridad y criterios de enlace usando *clustering* jerárquico respectivamente.

Tabla 3

Dato español en Python

NUMERACIÓN DE DOCUMENTOS SEGÚN WORD2VEC	TEMAS DE ARTÍCULOS
0	La actuación ética en el ejercicio profesional del contador y la aplicación de la responsabilidad social empresarial.
1	Perspectivas de la Conciliación Virtual en Colombia
2	Políticas públicas vigentes de salud mental en Suramérica: un estado del arte.
3	Implementación de sistemas de facturación electrónica en el marco del derecho informático: Desafíos y oportunidades para el desarrollo de sitios <i>web</i> en Ecuador.
4	Casos frecuentes, penalización y prevención de los delitos informáticos en el Ecuador: una breve revisión sistemática.
5	Marco civil de internet en Brasil y referentes en la región Américas.
6	Regulación de la Neutralidad de Red en Sudamérica: Una revisión del progreso.

NUMERACIÓN DE DOCUMENTOS SEGÚN WORD2VEC	TEMAS DE ARTÍCULOS
7	Autenticidad y debido proceso en los mensajes de WhatsApp: Una revisión en los casos de divorcio.
8	Tendencias tecnológicas y desafíos de la seguridad informática.
9	Regulaciones de privacidad de datos en línea en Chile y Australia: una revisión crítica y desafíos futuros.
10	El salvataje en el concurso preventivo de las empresas de interés cultural. Una reelección de las normas y su aplicación.
11	Seguridad de la información en sistemas de resolución de disputas en línea (ODR): Revisión de la literatura y análisis a la luz del contexto colombiano
12	Estadística oficial y evaluación de políticas públicas: oportunidades y retos.
13	Blockchain y propiedad intelectual: investigación sobre sus avances y posibles usos.
14	Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Teletrabajadores: Revisión Sistemática.
15	Tecnologías Disruptivas: Contexto Político-Jurídico, Desafíos y Oportunidades en Latinoamérica.
16	Expediente clínico electrónico: Estado del arte

Tabla 4
Dato inglés en Python

NUMERACIÓN DE DOCUMENTOS SEGÚN WORD2VEC	TEMAS DE ARTÍCULOS
0	Systematic Literature Review on Application of Blockchain Technology in E-finance and Financial Services
1	Emergence of blockchain-technology application in peer-to-peer electrical-energy trading: a review.
2	Reconciling remote sensing technologies with personal data and privacy protection in the European Union: Recent developments in Greek legislation and application perspectives in environmental law.
3	Jurisdictional issues and the internet – a brief overview 2.0
4	Blockchain for Credibility in Educational Development: Key Technology, Application Potential, and Performance Evaluation.
5	Challenges of blockchain technology adoption for e-government: a systematic literature review.
6	Blockchain Applications – Usage in Different Domain.
7	Eu search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure.
8	Building sustainable free legal advisory systems: Experiences from the history of AI & law.
9	Regulatory alternatives for IA.
10	A review of the legal and regulatory frameworks of Nigerian Cybercrimes Act 2015.
11	Facial recognition technology, democracy and human rights.
12	Systematic construction of lawfulness of processing employees' personal information under China's personal information protection law.

Los resultados del procesamiento se representaron gráficamente en un dendograma jerárquico, que muestra, en forma de árbol, cómo se agrupan los datos basándose en la similitud entre ellos. En las Figura 2 y Figura 3, cada hoja del árbol (los puntos más bajos del gráfico) representa un documento. A medida que se mueve la distribución hacia arriba en el árbol, los documentos se van agrupando en clústeres basándose en su similitud. La altura a la que dos documentos o clústeres se unen representa la distancia entre ellos: a menor altura, mayor similitud. En el caso específico, hay una clara división que marca una agrupación entre los artículos de Trivedi et al., (2021) y Dany (2013), que significativamente se separan del resto, indicando que son menores o que tiene una mejor agrupación a diferencia entre los otros

artículos. Estos dendogramas son la fija representación de los criterios de enlace completo y promedio, que tiene que ver con el mayor resultado de estos gráficos resultando similares, el índice silueta que es una medida de cuán bien se agrupan estos documentos, en este caso los artículos y que los valores altos indican que los documentos están bien emparejados dentro de su propio clúster, no existe una mejor agrupación en los demás clústeres.

Figura 2

Dendograma CORPUS 1 con método de enlace complete

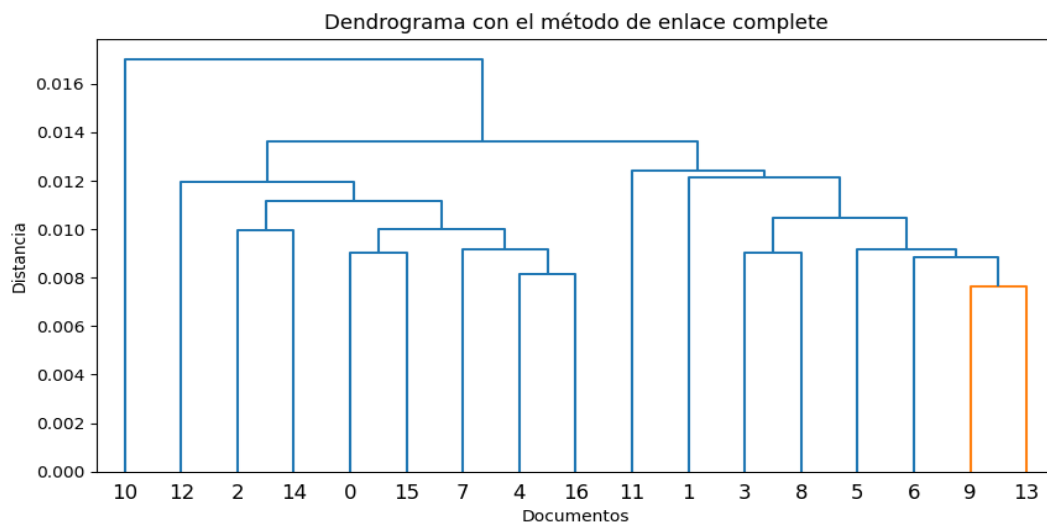
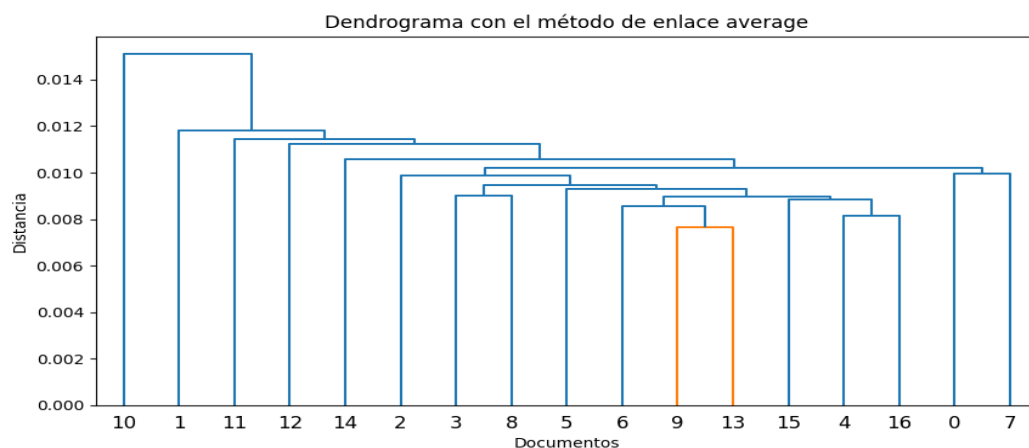


Figura 3

Dendograma CORPUS 1 con método de enlace promedio



Los valores en la Tabla 5 proporcionan información sobre la similitud entre los artículos en español utilizando diferentes criterios de enlace y agrupación de clústeres, junto con el índice de silueta correspondiente, este es una medida de la cohesión y separación de los clústeres en un análisis de agrupamiento. Cuanto más cercano sea el valor del índice de silueta a 1, mejor será la agrupación. Por lo tanto, los valores en la tabla indican qué tan bien se agrupan los artículos según los criterios especificados, donde valores más altos indican una mejor separación entre los clústeres y, por lo tanto, una agrupación más sólida y coherente.

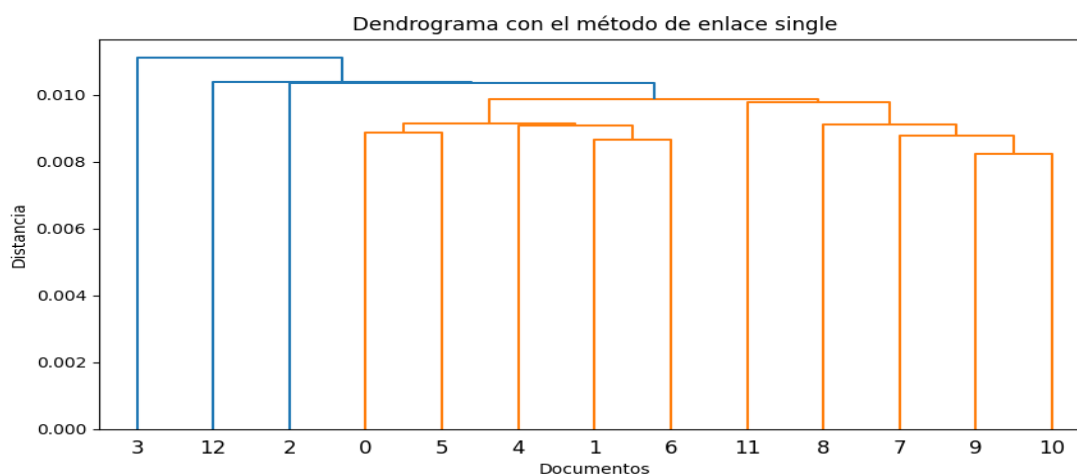
Tabla 5
Similitud de artículos en español

CRITERIOS DE ENLACE	AGRUPACIÓN DE CLÚSTERES	ÍNDICE SILUETA
Average	Artículos 9 y 13 valor de n_clusters es 2	0.17230011522769928
Complete	Artículos 9 y 13 valor de n_clusters es 2	0.17230011522769928
Simple	Artículos 9 y 13 valor de n_clusters es 3	0.039247170090675354

En la Figura 4, se muestra un dendrograma jerárquico único, al tener mayor representación y tener índices más altos de comparación, se observan dos grupos iniciales de documentos que se marcan por la coloración azul y naranja. El grupo que representa el color azul está formado por los artículos de Iracelay (2019), Gutiérrez & Tibirica (2016) y Schwab (2016). Estos documentos están más cercanos entre sí en términos de similitud, lo que se indica por las líneas azules que los conectan en el dendrograma. Mientras que el grupo que representa el color naranja incluye el restante de artículos 0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, donde estos documentos también están cercanos entre sí en términos de similitud, como lo indican las líneas naranjas.

Para medir con más detenimiento estos grupos de colores, se definiría por la altura a la que se unen las líneas en el dendrograma que representa la distancia (o disimilitud) entre los documentos o grupos de documentos; por lo tanto, los documentos en la agrupación de color azul son más similares entre sí (y, por lo tanto, más diferentes del resto de los documentos) que los documentos en el grupo naranja. Finalmente, este dendrograma empleando el criterio de enlace simple, representa la mayor similitud entre documentos a partir de los otros y encuentra en agrupación de con 2 clústeres.

Figura 4
Dendrograma CORPUS 2 con método de enlace simple



En la Tabla 6, el valor más alto de índice de silueta se encuentra en la fila correspondiente al criterio de enlace Simple, donde se agruparon los documentos 3, 12 y 2, así como los documentos del 0 al 11, con un valor de n_clusters igual a 2, y la coloración de los clústeres se asignó con el azul y el naranja. El índice de silueta en esta fila es de aproximadamente 0.1345, lo que sugiere una mejor separación entre los clústeres en comparación con los otros métodos de agrupación.

Tabla 6
Similitud de artículos en inglés

CRITERIOS DE ENLACE	AGRUPACIÓN DE CLÚSTERES	COLORACIÓN	ÍNDICE SILUETA
Average	Documentos 3,2,4,12 y 11 valor de $n_clusters$ es 2	Azul	0.08335225284099579
Complete	Documentos 3 valor de $n_clusters$ es 2	Azul	0.0864119604229927
Simple	Documentos 3,12 y 2; y 0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 valor de $n_clusters$ es 2	Azul & Naranja	0.13448795676231384

La Tabla 7 resalta la relación entre el derecho y los sistemas informáticos, evidenciada por los términos clave presentes en los artículos analizados. Se observa que los conceptos legales relacionados con el derecho informático, como la regulación de la información digital y la protección de datos, se entrelazan con términos técnicos asociados a los sistemas informáticos, como la seguridad de la información, la automatización de procesos y la gestión de datos. Esta conexión subraya la importancia de considerar tanto los aspectos legales como tecnológicos al abordar la intersección entre el derecho y los sistemas informáticos.

Tabla 7
Relación entre el Derecho Informático y los Sistemas Informáticos

DERECHO INFORMÁTICO	SISTEMAS INFORMÁTICOS
Ley de comercio electrónico (Iracelay, 2019; Macías et al., 2022)	Privacidad (Dany, 2021; Maniadak et al., 2021; Almonte, 2019)
Delitos informáticos (Macías et al., 2022; Almonte, 2019; Rodríguez, 2021)	Seguridad (Dany 2021; Estupiñán et al., 2019; Zhang & Zha, 2023)
Protección de datos (Dany, 2021; Henao et al., 2016; Martínez & Cruz, 2018)	Malware (Svantesson, 2018; Peña et al., 2018)
Fraude informático (Salas, 2018; Triviño et al., 2019)	Seguridad informática (Trivedi et al., 2021; Peña et al., 2018)
Derecho digital (Trivedi et al., 2021; Farías et al., 2023; Mina, 2019)	Automatización de procesos (Mina, 2019; Henao et al., 2016)
Gestión legal (Trivedi et al., 2021; Macías et al., 2022; Independently published, 2023)	Sistemas informáticos (Trivedi et al., 2021; Svantesson, 2018; Independently published, 2023)
Contratos electrónicos (Dany 2021; Rodríguez, 2021)	Transacciones en línea (Peña et al., 2018; Farías et al., 2023)
Propiedad intelectual (Dany, 2021; Maniadak et al., 2021; Almonte, 2019)	Seguridad de datos (Henao et al., 2016)
Acceso a la información (Camacho et al., 2020; Batobara et al., 2018)	Privacidad en línea (Farías et al., 2023; Martínez & Cruz, 2018; Janetsy, 2022)
Ciberseguridad (Dany, 2021; Yang et al., 2023)	Seguridad de la red (Dany, 2021; Peña et al., 2018; Kumar, 2021)

Discusión

La aplicación de técnicas avanzadas como Word2Vec y la medida de similitud del coseno en este estudio ha revelado vínculos significativos entre el derecho informático y los sistemas de información; los dendrogramas jerárquicos proporcionaron una representación de estas conexiones. Hubo similitudes y diferencias entre los documentos de ambos idiomas, destacando agrupaciones que coinciden con estudios relacionados y que indican la existencia de temas comunes en la intersección de los términos; sin embargo, emergen particularidades notables, como la distinción entre los artículos 9 y 13 en el corpus en español, sugiriendo una conexión más fuerte entre estos documentos.

Estos sugieren que, en Ecuador, la protección legal del *software* se rige principalmente por la Ley de propiedad intelectual, la cual establece medidas para salvaguardar los derechos de autor sobre programas de computación, incluyendo delitos como la violación de derechos de autor y la falsificación de programas (Trivedi et al., 2021; Dany, 2021; Batabora et al., 2018). Este marco legal ecuatoriano se asemeja a estándares internacionales y garantiza la protección automática del *software* una vez creado, sin necesidad de registro formal (Trivedi

et al., 2021). Los titulares de derechos tienen exclusividad para reproducir, distribuir y comunicar públicamente sus programas, y la ley también aborda la protección de medidas tecnológicas de protección y sanciones para su elusión (Maniadak et al., 2021; Almonte, 2019); sin embargo, la efectiva implementación y aplicación de estas leyes son cruciales para asegurar una protección adecuada de los derechos de propiedad intelectual en el ámbito digital en Ecuador (Macías et al., 2022).

Por otro lado, el derecho a la intimidad constituye un pilar fundamental de los derechos individuales, garantizando la protección de la esfera más privada y personal de las personas, incluyendo aspectos como la correspondencia, comunicación y datos personales (Trivedi et al., 2021; Dany, 2021). Pero, este derecho puede ser limitado en ciertas circunstancias, especialmente cuando existen intereses legítimos en la divulgación de información. En el ámbito de la informática, las bases de datos plantean desafíos adicionales para la protección de la intimidad al almacenar grandes cantidades de información personal. En Ecuador, las leyes de protección de datos, como la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, establecen principios y procedimientos para garantizar la adecuada protección de la intimidad y la autodeterminación informativa (Macías et al., 2022).

En Ecuador, la Ley de comercio electrónico, firmas electrónicas y mensajes de datos regula aspectos relacionados con la seguridad en el comercio electrónico y la protección de los usuarios de sistemas informáticos (Macías et al., 2022); sin embargo, la delincuencia informática plantea desafíos transnacionales que requieren una cooperación internacional más amplia y un marco legal adaptado a la rápida evolución de las tecnologías. La delincuencia informática abarca una serie de delitos cometidos utilizando medios informáticos o tecnológicos, desde la manipulación maliciosa hasta el uso indebido o negligente de la tecnología (Camacho et al., 2021; Batabora et al., 2018).

Los artículos 9 y 13 están particularmente relacionados con esta Ley, lo que indica que tanto el marco legal que regula el comercio electrónico como la implementación de sistemas informáticos para facilitar estas transacciones están intrínsecamente ligados. Esto sugiere que el desarrollo y la aplicación de sistemas de información en el ámbito del comercio electrónico deben tener en cuenta las regulaciones legales establecidas en el derecho informático; además, la presencia de temas como delitos informáticos, protección de datos, fraude informático, propiedad intelectual, contratos electrónicos, acceso a la información, ciberseguridad y seguridad informática en ambas bibliografías resalta la importancia de la colaboración entre el derecho informático y los sistemas informáticos en la garantía de la seguridad, privacidad y cumplimiento legal en el uso de la tecnología de la información.

Por otro lado, la presencia de términos como automatización de procesos, sistemas informáticos y transacciones en línea en ambas bibliografías indica que el derecho informático y los sistemas informáticos también están interconectados en la automatización y gestión eficiente de procesos legales y transacciones en línea, lo que marca la importancia de una integración adecuada entre ambos campos para garantizar la eficacia y legalidad de estos procesos (Schwab, 2016; Iracelay, 2019; Gutiérrez & Tiribica, 2016).

Esto se respalda en el análisis del corpus 2, donde la presencia de dos grupos bien definidos en el damerograma con enlace simple indica una estructura nítida en la influencia mutua entre derecho informático y sistemas de información. El grupo azul, compuesto por los artículos 3, 12 y 2, muestra una proximidad significativa, mientras que el grupo naranja, que incluye los artículos restantes (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11), indica una similitud considerable entre estos documentos.

La conexión identificada entre documentos sugiere áreas donde la legislación y la tecnología convergen, abriendo espacio para análisis cualitativos y reflexiones detalladas. Estos resultados apuntan a la importancia de considerar los ámbitos tecnológico- jurídicos al explorar la relación entre derecho informático y sistemas de información, mejorando oportunidades para investigaciones más específicas y contextualizadas en diferentes entornos académicos, jurídicos y tecnológicos. La intersección entre derecho informático y sistemas de información es un campo dinámico y complejo en estos hallazgos respaldados por métricas en contextualización jurídica y tecnológica, ofrecen una visión enriquecedora, mediante la exploración de conexiones únicas que destaca la necesidad de un enfoque interdisciplinario profundizado hacia el entorno académico en aporte a futuras investigaciones en este emocionante ámbito de estudio.

A pesar de que el derecho informático es relativamente nuevo en Ecuador, los formuladores de políticas pueden examinar cómo se podría mejorar las legislaciones existentes (Mina, 2019). Es necesario resaltar que, para abordar desafíos técnicos, existen diferentes técnicas especializadas en tecnología, mientras que, para superar los desafíos legales, se necesita el apoyo de cooperación internacional, asesoramiento legal y capacitación (Peña et al., 2018). Este enfoque contribuye al fortalecimiento del Estado ecuatoriano al incorporar tecnologías digitales para mejorar la eficiencia y accesibilidad en la práctica legal, enriqueciendo la relación entre el derecho informático y los sistemas de información desde una perspectiva jurídica y tecnológica (Zhang & Zha, 2023).

Conclusiones

La utilización de dendrogramas jerárquicos ha permitido la identificación de patrones de agrupación, con énfasis en la complejidad y riqueza de esta relación en el ámbito jurídico-tecnológico. Este hallazgo va más allá de una simple similitud numérica, ya que revela una afinidad conceptual que subraya la interconexión entre el derecho y la tecnología. Existe una clara intersección entre el derecho informático y los sistemas de información, como se evidencia a través de la aplicación de técnicas avanzadas de análisis de datos, como Word2Vec y la medida de similitud del coseno.

La legislación ecuatoriana, en particular la Ley de propiedad intelectual y la Ley de comercio electrónico, firmas electrónicas y mensajes de Datos, establece un marco legal sólido para la protección de los derechos de autor sobre programas de computación y la regulación del comercio electrónico. Sin embargo, la efectiva implementación y aplicación de estas leyes son fundamentales para garantizar una protección adecuada de los derechos de propiedad intelectual en el entorno digital.

El derecho a la intimidad y la protección de datos personales son aspectos cruciales en el ámbito de la informática, especialmente con la proliferación de bases de datos que almacenan grandes cantidades de información personal. Las leyes de protección de datos, como la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales en Ecuador, establecen principios y procedimientos para garantizar la adecuada protección de la intimidad y la autodeterminación informativa.

La delincuencia informática plantea desafíos significativos en el ámbito global, requiriendo una cooperación internacional más amplia y un marco legal adaptado a la rápida evolución de las tecnologías. La regulación de aspectos relacionados con la seguridad en el comercio electrónico y la protección de los usuarios de sistemas informáticos es fundamental para abordar estos desafíos de manera efectiva.

La relación entre derecho informático y sistemas de información se refleja en la presencia de temas comunes en ambas áreas, como delitos informáticos, protección de datos, fraude informático, propiedad intelectual, entre otros. Esto destaca la importancia de una colaboración estrecha entre los dos campos para garantizar la seguridad, privacidad y cumplimiento legal en el uso de la tecnología de la información, lo que determina la necesidad de un enfoque interdisciplinario y una reflexión detallada sobre la intersección entre derecho informático y sistemas de información.

Si bien este trabajo no se ha enfocado específicamente en la incidencia de los delitos informáticos, es relevante destacar que la legislación ecuatoriana, particularmente el Código Orgánico Integral Penal (COIP), contiene artículos que abordan directamente estos delitos. La consideración de estos aspectos legales podría ofrecer una visión más completa de cómo el marco normativo impacta en el desarrollo y seguridad de los sistemas informáticos. Por lo tanto, se sugiere que futuras investigaciones evalúen de manera más detallada la incidencia de los delitos informáticos en el desarrollo y gestión de los sistemas de información. Este enfoque permitiría una comprensión más profunda de las implicaciones legales y de seguridad que afectan a la evolución tecnológica y jurídica en este campo.

Referencias

- Almonte, M. (2019). Blockchain y propiedad intelectual: investigación sobre sus avances y posibles usos. *Anuario Dominicano de Propiedad Intelectual*, (6), 41-63.
- Barraza, C. (2018). *Manual para la Presentación de Referencias Bibliográficas de Documentos Impresos y Electrónicos*.
- Batubara, F. R., Ubacht, J., & Janssen, M. (2018). *Challenges of blockchain technology adoption for e-government: a systematic literature review*. In Proceedings of the 19th annual international conference on digital government research: governance in the data age.
- Camacho, J., Gamboa, S., & Gómez, L. (2020). Seguridad de la información en sistemas de resolución de disputas en línea (ODR): Revisión de Literatura y análisis a la luz del contexto colombiano. *Revista Espacios*, 41(19), 140-153.
- Chica, C., & Marín, O. (2017). Perspectivas de la Conciliación Virtual en Colombia. *Institución Universitaria de Envigado*, 1, 1-14.
- Clarke, R. (2019). Regulatory alternatives for AI. *Computer Law & Security Review*, 35(4), 398-409.
- Dany, A. (2021). Autenticidad y debido proceso en los mensajes de Whatsapp: Una revisión en los casos de divorcio. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 10(2), 123-148.
- Del Canto, E., & Silva, A. (2013). Metodología cuantitativa: abordaje desde la complementariedad en ciencias. *Revista de Ciencias Sociales*, pp. 24-34.
- Eboibi, F. E. (2017). A review of the legal and regulatory frameworks of Nigerian Cybercrimes Act 2015. *Computer law & security review*, 33(5), 700-717.
- Estupiñán García, L. M., Villamil Guerrero, H., & Jiménez Rodríguez, E. A. (2019). Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Teletrabajadores: Revisión Sistemática. *Revista de Pensamiento Americano*, 12(23), 94-104.
- Farías, J. J. C., Romero, V. J. S., Lumbano, C. A. S., & Millingalle, J. V. C. (2023). Implementación de sistemas de facturación electrónica en el marco del derecho informático: Desafíos y oportunidades para el desarrollo de sitios web en Ecuador. *Revista Científica FIPCAEC*, 8(3), 259-281.

- Farías, V. J. S., Romero, C. A. S., Lumbano, C. A. S., & Millingalle, J. V. C. (2023). Implementación de sistemas de facturación electrónica en el marco del derecho informático: Desafíos y oportunidades para el desarrollo de sitios web en Ecuador. *Revista Científica FIPCAEC*, 8(3), 259-281. T.,
- Ferreira, A., & Sandner, P. (2021). EU search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure. *Computer Law & Security Review*, volume 43.
- Greenleaf, G., Mowbray, A., & Chung, P. (2018). Building sustainable free legal advisory systems: Experiences from the history of AI & law. *Computer Law & Security Review*, 34(2), 314-326.
- Gutiérrez, C. A., & Tibiriça, B. (2016). *Marco civil de internet en Brasil y referentes en la región Americas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 30.
- Henao, S., et al. (2016). Políticas públicas vigentes de salud mental en Suramérica: un estado del arte. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 34(2), 184-192.
- Independently published: Amazon Books. (2023). *El abogado del futuro: Un análisis de lo que le espera al Derecho y a la Abogacía en el Futuro Cercano*.
- Iracelay, J. (2019). Prólogo revista Fiadi segunda época no. 7. *Revista Iberoamericana de derecho informático (segunda época)*, 7, 9-11.
- Janetsy, G. (2022). *Sistematización de la Justicia Informática*. Quito: Corporación de Estudios y Publicaciones.
- Jaoude, J. Abou, & Saade, R. George. (2019). Blockchain Applications – Usage in Different Domain. *IEEE Access*, 7, 45360-45381.
- Kumar, M. (2021). Emergence of blockchain-technology application in peer-to-peer electrical-energy trading: a review. *Clean Energy*, 5(1), 104-123.
- Luna, J. (2019). La actuación ética en el ejercicio profesional del contador y la aplicación de la responsabilidad social empresarial. *Quipukamayoc*, 27(55), 79-86.
- Macías-Lara, R. A., Andrade, M. F. B., Angulo, F. Q., Loor, J. J. M., Estupiñan-Troya, G., & Vizuite, J. D. R. (2022). Casos frecuentes, penalización y prevención de los delitos informáticos en el Ecuador: una breve revisión sistemática. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(2), 231-243.
- Maniadaki, M., Papathanasopoulos, A., Mitrou, L., & Maria, E. A. (2021). Reconciling remote sensing technologies with personal data and privacy protection in the European Union: Recent developments in Greek legislation and application perspectives in environmental law. *Laws*, 10(2), 33.
- Martínez, C., & Cruz, Y., (2018). Tendencias tecnológicas y desafíos de la seguridad informática. *Polo del Conocimiento*, 3(5), 260-279.
- Mina, M. E. (2019). Informática forense: una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales*, 4(2), 126-145.
- Moia, L. (2022). El salvataje en el concurso preventivo de las empresas de interés cultural. Una relectura de las normas y su aplicación. *Papeles de Centro de Investigación*, 13(24), 240-254.
- Neil, D., & Cortez, L. (2017). *Procesos y fundamentos de la investigación Científica*. Macchala: Colección Editorial REDES.
- Palmiotto, F., & Menéndez, N. (2023). Facial recognition technology, democracy and human rights. *Computer Law & Security Review*, 50.
- Peña Guano, S. I., Castillo Cruz, E. R., & Peña Guano, P. M. (2018). Elementos de ciberseguridad en los países en desarrollo y su. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 16(12), 1-18.
- Perasso, V. (2016, Septiembre 15). *Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos)*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>

- Rodríguez Póo, J. M., & Salcedo Galiano, A. (2021). Estadística oficial y evaluación de políticas públicas: oportunidades y retos. *CICE*, 102, 52-67.
- Rodríguez, G. S. (2021). Tecnologías disruptivas: Contexto Político-Jurídico, Desafíos y Oportunidades en Latinoamérica. *LEX-revista de la Facultad de derecho y ciencias políticas*, 19(28), 41-74.
- Salas Andres, R. (2018). Regulaciones de privacidad de datos online en Chile y Australia. Revisión crítica y desafíos futuros. *Latin American Legal Studies*, 3, 97-134.
- Schwab, K. (2016). *La Cuarta Revolución Industrial*. Debate, Madrid.
- Svantesson D. (2018). Jurisdictional issues and the internet—a brief overview. *Computer Law & Security Review*, 34(4), 715-722.
- Trivedi, S., Mehta, K., & Sharma, R. (2021). Systematic Literature Review on Application of Blockchain Technology. *J. Technol. Manag. Innov.* 16(3), 89-102.
- Triviño, R., et al., (2019). Regulación de la Neutralidad de Red en Sudamérica: Una revisión del progreso. *Latin American Journal of Computing*, 6(1), 17-26.
- Valencia Ramón, L. Y., & Corona Ferreira, A. (2021). Expediente clínico electrónico: Estado del arte. *Revista Científica de Salud UNITEPC*, 8(1), 21-34.
- Yang, W., et al. (2023). Blockchain for Credibility in Educational Development: Key Technology, Application Potential, and Performance Evaluation. *Security and Communication Networks*, 2023, 14.
- Zhang, Z., & Zha, Y. (2023). Systematic construction of lawfulness of processing employees' personal information under China's personal information protection law. *Computer Law & Security Review*, 50.

Información para Autores / Information for Authors



Evaluación por pares

La **Revista Tecnológica Espol - RTE** es una revista arbitrada que se rige por el sistema doble par anónimo. Los artículos enviados por los autores son evaluados en previamente por el Comité de Redacción para comprobar si se ajustan a las normas de edición y a las políticas temáticas de la revista. Cuando el artículo pasa ese primer filtro es enviado a dos evaluadores externos expertos en la temática abordada por el autor. Para cumplir y defender la ética de la investigación, estos evaluadores desconocen el nombre de el/los autores/as y la identificación de la/s institución/es a la que pertenece el artículo, encargándoseles dictaminar si responde a los intereses científicos de la revista y si procede su publicación. En la valoración final, los revisores deciden entre las siguientes opciones: publicable, publicable con modificaciones menores, publicable con modificaciones mayores o no publicable. En el caso de que haya disparidad de opinión entre revisores del Comité Científico, se someterá al juicio de un tercer experto, que dirimirá en conflicto de pareceres.

En el siguiente link [Guía de revisores](#), se detalla paso a paso el proceso de evaluación a seguir por los pares ciegos asignados

Las responsabilidades específicas de los revisores se encuentran declaradas en el link [Código de ética y buenas prácticas de publicación](#).

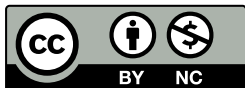
Derechos de autor (Copyright)

Los originales publicados, en las ediciones impresa y electrónica, de la **Revista Tecnológica Espol - RTE**, bajo derechos de primera publicación, son propiedad de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, República del Ecuador, siendo absolutamente necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total de los contenidos (textos o imágenes) publicados. RTE proporciona un acceso abierto e inmediato a su contenido, pues creemos firmemente en el acceso público al conocimiento, lo cual no obsta para que la cita de la fuente sea obligatoria para todo aquél que desee reproducir contenidos de esta revista.

De igual modo, la propiedad intelectual de los artículos o textos publicados en la revista RTE pertenece al/la/los/las autor/a/es/as, quienes conservan sus derechos de autor y dominio irrestricto de su obra.

Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

Todo el contenido de RTE mantiene una licencia de contenidos digitales otorgada por Creative Commons.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 International.

Directrices para autores

Los textos postulados deben:

1. Corresponder a las categorías universalmente aceptadas como producto de investigación.
2. Ser originales e inéditos.
3. Sus contenidos responden a criterios de precisión, claridad y brevedad.

Se clasifican en:

3.1. Artículos. En esta sección se publican:

- 3.1.1. Artículos de investigación científica o tecnológica: presenta de manera detallada los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro aportes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
- 3.1.2. Artículo de reflexión o ensayo: presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico recurriendo a fuentes originales.
- 3.1.3. Artículo de revisión: resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, ya sea en el campo científico, artístico o artístico tecnológico, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo.

Próximos Volúmenes

PROGRAMACIÓN

Vol. 36, Núm. 2

Edición Especial: *Track Técnico TICEC 2024*

- i. **Convocatoria abierta:** envío de artículos hasta el 14 de julio de 2024
- ii. **Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos:** hasta el 20 de septiembre de 2024
- iii. **Publicación del volumen:** 15 de octubre de 2024

PROGRAMACIÓN

Vol. 36, Núm. 3

Volumen Abierto Semestral

- i. **Convocatoria abierta:** envío de artículos hasta el 30 de septiembre de 2024
- ii. **Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos:** hasta el 30 de noviembre de 2024
- iii. **Publicación del volumen:** 30 de diciembre de 2024

Próximos Volúmenes

PROGRAMACIÓN

Vol. 37, Núm. 1

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 30 de abril de 2025*
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 15 de mayo de 2025*
- iii. Publicación del volumen: 30 de junio de 2025*

PROGRAMACIÓN

Vol. 37, Núm. 2

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 30 de septiembre de 2025*
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2025*
- iii. Publicación del volumen: 30 de diciembre de 2025*

PROGRAMACIÓN

Vol. 38, Núm. 1

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 30 de abril de 2026*
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 15 de mayo de 2026*
- iii. Publicación del volumen: 30 de junio de 2026*

NOTA: Para interés en publicaciones de volúmenes especiales, se invita a universidades y organizaciones relacionadas con investigación a contactarnos a nsolorza@espol.edu.ec

NOTE: For interest in publications of special issues, universities and organizations related to research are invited to contact us at nsolorza@espol.edu.ec



espol[®]



rte.espol.edu.ec