



50 años de excelencia

Ingeniería, Tecnología
e Inteligencia Artificial
Aplicada

Educación e
Innovación digital

Negocios, Economía y
Desarrollo Sostenible

Agricultura sostenible



“Celebramos estos primeros cincuenta años con gratitud hacia quienes han construido esta historia y con la convicción de que los desafíos y oportunidades del futuro seguirán encontrando en la Revista Tecnológica ESPOL - RTE® un espacio para la difusión del conocimiento, la innovación y la transformación social”.

Nayeth Idalid Solórzano Alcivar, Ph.D.

Directora General Editorial
Revista Tecnológica ESPOL - RTE



Guayaquil, Ecuador
Vol. 38, Núm. 1 (2026)
Junio, 15

DOI: 10.37815/rte.v38n1



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 (Executive Director Co-Editor)

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

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

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

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

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

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 de Sección o Temático (Section Editors)

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

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

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)

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

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

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,
United States
e-mail: m_velez3@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@fiec.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@epoch.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: pcarrion@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)

Adriana Elisa Collaguazo Jaramillo
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: acollag@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-0707-0226

Ana Cristina Garcia-Luna Romero
Universidad de Monterrey, México
e-mail: anacristina.garcialuna@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8176-9660

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

Byron Agustín Solórzano Castillo
Universidad Nacional de Loja, Ecuador
e-mail: bsolorzanoiem2002@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-0071-2249

Carlos David Ramos Rosas
Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote,
Perú
e-mail: cdramos@ucvvirtual.edu.pe
ORCID: 0000-0002-5868-2441

Carmen Mireya Lapo Pauta
Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador
e-mail: cmlapo@utpl.edu.ec
ORCID: 0000-0002-5246-083X

Carola Maria Gordillo Vera
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: cgordill@espol.edu.ec
ORCID: 0009-0000-4702-3427

Christian Raul Salamea Palacios
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
e-mail: csalamea@ups.edu.ec
ORCID: 0000-0002-5243-5714

Dennys Fabian Paillacho Chiliza
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: dpaillac@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-2813-4516

Douglas Antonio Plaza Guingla
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: douplaza@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-1399-0627

Edalid Álvarez Velázquez
Universidad Veracruzana, México
e-mail: edalvarez@uv.mx
ORCID: 0000-0002-0251-0376

Edwin René Guamán-Quinche
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
Ecuador
e-mail: rene525456@yahoo.es
ORCID: 0000-0003-3811-2668

Eugenia de las Mercedes Villacís Troncoso
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador
e-mail: mercedes.villacis@epn.edu.ec
ORCID: 0000-0002-8465-8437

Freddy Zambrano Gavilánez
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador
 e-mail: fezambrano@utm.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0004-9122

Giovanna Patricia Torres Tello
 Universidad Autónoma del Carmen, México
 e-mail: gtorres@pampano.unacar.mx
 ORCID: 0000-0002-0838-7778

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

Israel Guillermo Bravo Bravo
 Universidad de Guayaquil, Ecuador
 e-mail: israel.bravob@ug.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0648-4061

Ivan David Endara Vélez
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: iendara@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-2516-2826

Jimmy Javier Cordova Villagomez
 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: jjcordov@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-4082-4923

Jorge López Lapo
 Universidad de Salamanca, España
 e-mail: jorge.lopez@usal.es
 ORCID: 0000-0003-0341-9723

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

Julio J. Barzola Montesés
 Universidad de Guayaquil, Ecuador
 e-mail: julio.barzola@ug.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-2732-979X

Kerstin Andree
 Technical University of Munich, Alemania
 e-mail: kerstin.andree@tum.de
 ORCID: 0009-0007-6360-8661

Lenin Xavier Erazo Garzón
 Universidad del Azuay, Ecuador
 e-mail: lerazo@uazuay.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-5492-3247

Limberth Arael Peraza Pérez
 Universidad Autónoma del Carmen, México
 e-mail: limberthperazaperez@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-7379-3035
 Lorenzo Jovanny Cevallos Torres

Universidad de Guayaquil, Ecuador
 e-mail: lorenzo.cevallost@ug.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-7211-2891

Luis Eduardo Mendoza Morales Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
 e-mail: lemendoza@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-5081-7559

Manuel Raul Pelaez Samaniego
 Universidad de Cuenca, Ecuador
 e-mail: manuel.pelaez@ucuenca.edu.ec
 ORCID: 0000-0002-7618-9474

Margarita Elizabeth Ortiz Rojas
 Centro de Tecnologías de Información - CTI, Ecuador
 e-mail: margarita.ortiz@cti.espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-2193-8316

María Fernanda Rosales Medina
 Universidad del Azuay, Ecuador
 e-mail: mrosales@uazuay.edu.ec
 ORCID: 0000-0003-0403-223X

María José Guillermo Echeverría
 Universidad Autónoma del Carmen, México
 e-mail: mguillermo@pampano.unacar.mx
 ORCID: 0000-0001-8829-1997

Mayra Lorena Mahecha Guzman
 Universidad del Pacífico, Ecuador
 e-mail: mmahecha@espol.edu.ec
 ORCID: 0000-0001-9334-7246

Melissa Montalvo
 ScreenPoint Medical, Netherlands
 e-mail: melissa.montalvo@screenpointmed.com
 ORCID: 0000-0002-9539-3243

Miguel Angel Enríquez Estrella
 Universidad Estatal Amazónica, Ecuador
 e-mail: miguicho1983@gmail.com
 ORCID: 0000-0002-8937-9664

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

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

Nadia Damianova
 Technical University of Munich, Alemania
 e-mail: nadia.damianova@tum.de
 ORCID: 0009-0002-6945-0870
 Nancy Verónica Sánchez Sulu

Universidad Autónoma del Carmen, México
e-mail: nancy.sulu@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2149-1374

Oscar Jimenez Estevez
Instituto Tecnológico de Cuautla, México
e-mail: oscar.jimenez@cuautla.tecnm.mx
ORCID: 0009-0007-2783-8515

Pedro Eduardo Nivelá Morante
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador
e-mail: eduquevedo2011@hotmail.com
ORCID: 0009-0007-2588-6345

Perla Gabriela Baqueiro López
Universidad Autónoma del Carmen, México
e-mail: pbaqueiro@pampano.unacar.mx
ORCID: 0000-0002-2169-5150

Sara Alexandra Wong
ESPAE Escuela de Negocios, Ecuador
e-mail: sawong@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-7565-1543

Sixifo Falcones Zambrano
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
e-mail: sixifo@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0001-9470-5068

Stanislaus Albert-Georg Sonnenholzner
Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones
Marinas - CENAIM, Ecuador
e-mail: ssonnen@espol.edu.ec
ORCID: 0000-0002-5723-3994

Vladimir Robles-Bykbaev
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
e-mail: vrobles@ups.edu.ec
ORCID: 0000-0002-7645-8793

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

Gestión de Comunicación y Medios Digitales

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

Karina Martínez Zambrano
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Raúl Ruiz Navarrete
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Traducciones en idioma extranjero

English

Joyce Nan, BA.
Griffith University, Australia

Fotografía

Jefferson Stalyn Mero Aguilar, Mgtr.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

John Arévalo Becerra, Lcdo.
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Portada, Diseño y Diagramación

Romina Belén Gómez Haro
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

José Luis Castro Zambrano, M.Sc.
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

Indexadores

Scopus®

DOAJ

latindex
catálogo 2.0

e-revist@s

REDIB

AmeliCA

EuroPub

Crossref

Google
Scholar

INDEX
COPERNICUS

Directorios

publons

ROAD

MIAR

RERCIE
Red de Editores y Revistas Científicas Ecuatorianas

Identificadores

ORCID
Connecting Research and Researchers

doi®

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 publicada de manera digital y de acceso abierto en su plataforma 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.

La **Revista Tecnológica Espol - RTE®** presenta llamadas programadas para envío de artículos (Call for papers) en idiomas español o inglés, garantizando la publicación periódica de dos volúmenes al año (junio y diciembre). Adicionalmente, se pueden producir volúmenes especiales sobre una temática específica (como un Monográfico o Dossier), o Ediciones Especiales relacionadas a un evento científico o tecnológico (por ejemplo: congresos o simposios). En el caso de volúmenes especiales internacionales se puede publicar artículos en otros idiomas en acuerdo con la experticia del o los editores invitados siempre y cuando el título y resumen sean incluidos también en español e inglés.

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 published digitally and in open access on its platform rte.espol.edu.ec. It is registered in several indexes and database directories and has a continuous evaluation process of new forms of indexing that allow greater visibility for published articles and their authors.

The **Revista Tecnológica Espol - RTE®** presents scheduled calls for article submissions (Call for papers) in Spanish or English languages, guaranteeing the publication of two volumes per year (in June and December). In addition, special volumes-issues are produced on a specific topic (such as a Monograph or Dossier) related to scientific events (ie. Congresses or symposiums). In the case of international special issues, articles in other languages can be published in agreement with the Guest editors if the title and abstract are also included in Spanish and English.

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.

Índice / Index

Editorial / Editorial

- 14** *Una edición emblemática que conmemora cinco décadas de RTE / An Emblematic Edition Commemorating Five Decades of RTE*

Artículo Conmemorativo / Commemorative Article

- 15** *Revista Tecnológica ESPOL – RTE: Cincuenta años de historia científica, innovación editorial e internacionalización académica (1976–2026) / Revista Tecnológica ESPOL – RTE: Fifty years of scientific history, editorial innovation and academic internationalization (1976–2026)*

Artículos Científicos / Scientific Articles

Ingeniería, Tecnología e Inteligencia Artificial Aplicada / Engineering, Technology, and Applied Artificial Intelligence

- 25** *Impacto de la generación distribuida en la red de distribución en Sudamérica: Análisis tecno-operativo / Impact of Distributed Generation on Distribution Network in South America: A Techno-Operational Analysis*
- 47** *Propuesta de modelo Scrum para la Dirección de TICs en la Universidad Técnica de Manabí / Proposal of a Scrum Model for the ICT Directorate at the Universidad Técnica de Manabí*
- 69** *Aplicación de inteligencia artificial en el lenguaje de patrones para proyectos urbanos / Application of Artificial Intelligence in the Pattern Language for Urban Projects*
- 87** *Efecto de la IA sobre las habilidades técnicas de los desarrolladores de software / Effect of AI on the Technical Skills of Software Developers*
- 103** *Diseño de pavimentos flexibles por la metodología AASHTO 93 aplicando inteligencia artificial por medio de un GPT personalizado / Flexible Pavement Design Using the AASHTO 93 Methodology and Artificial Intelligence through a Customized GPT Model*



Índice / Index

Educación e Innovación digital / Education and Digital Innovation

- 123 *Analysis of Readability and Lexical Complexity in Thesis Abstracts from Early Childhood and Basic Education / Análisis de la legibilidad y la complejidad léxica en resúmenes de tesis de educación inicial y educación básica*
- 141 *El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como eje para fortalecer la educación inclusiva en Durán, Ecuador / Universal Design for Learning (UDL) as a Core Strategy to Strengthen Inclusive Education in Durán, Ecuador*
- 161 *Enfoque STEAM de los juegos recreativos tradicionales y su impacto en estudiantes de Básica Superior / STEAM Approach to Traditional Recreational Games and its Impact on Upper Basic Education Students*
- 173 *La robótica y ChatGPT: aplicación educativa / IRobotics and ChatGPT: Educational Application*

Negocios, Economía y Desarrollo Sostenible / Business, Economy and Sustainable Development

- 191 *Las cajas de ahorro comunitarias, opción al desarrollo socio-económico sostenible en comunidades indígenas de Loja-Ecuador / Community Savings Banks, an Option for Sustainable Socio-economic Development in Indigenous Communities of Loja, Ecuador*
- 207 *Responsabilidad social y rentabilidad en cooperativas de ahorro y crédito / Social Responsibility and Profitability in Savings and Credit Cooperatives*

Agricultura sostenible / Sustainable Agriculture

- 229 *Efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.) / Effect of Humic and Fulvic Acids on Pepper Cultivation (Capsicum annuum L.)*



Editorial

Una edición emblemática que conmemora cinco décadas de RTE

La *Revista Tecnológica Espol - RTE®* presenta su **Volumen 38, Número 1: 50 años de excelencia**. Una edición emblemática que conmemora cinco décadas de contribución a la difusión del conocimiento científico y tecnológico. Desde su creación en 1976, la revista ha acompañado la evolución de la investigación, la innovación y la educación superior, consolidándose como un espacio multidisciplinario de referencia para la publicación de aportes relevantes en ingeniería, tecnología, ciencias sociales y ciencias de la vida. Este número celebra una trayectoria de permanencia, crecimiento e impacto académico construida por generaciones de autores, revisores, editores y lectores.

La sección de **Ingeniería, Tecnología e Inteligencia Artificial Aplicada** destaca el uso de la IA como eje transversal de la innovación tecnológica, orientada a la optimización y a la toma de decisiones basada en datos. La sección **Educación e Innovación Digital** incluye avances en prácticas y modelos pedagógicos inclusivos y mediados por la tecnología. La sección **Negocios, Economía y Desarrollo Sostenible** reúne investigaciones que enfatizan la importancia de estructuras y mecanismos socioeconómicos inclusivos en contextos locales. Finalmente, la sección **Agricultura Sostenible** aporta evidencia sobre prácticas que fortalecen la productividad agrícola y subraya la relevancia de la investigación aplicada para la seguridad alimentaria, la sostenibilidad productiva y el uso eficiente de los recursos.

En el año de su quincuagésimo aniversario, la *Revista Tecnológica Espol - RTE®* celebra su incorporación a **Scopus**, uno de los índices bibliográficos de mayor reconocimiento internacional, resultado del esfuerzo sostenido de autores, revisores, editores, comités científicos, autoridades institucionales y colaboradores que han contribuido al fortalecimiento de su calidad científica y editorial.

Como parte de esta celebración, presentamos también el **Artículo Conmemorativo** "*Revista Tecnológica ESPOL – RTE: Cincuenta años de historia científica, innovación editorial e internacionalización académica (1976–2026)*", una contribución que documenta la evolución de la revista desde sus orígenes hasta su reciente indexación en Scopus y destaca los principales hitos científicos, editoriales e institucionales que han marcado su trayectoria.

Sobre la base de este legado, reafirmamos nuestro compromiso con la excelencia editorial, la integridad científica, la internacionalización del conocimiento y el servicio a la sociedad

Nayeth Solórzano Alcívar, PhD.
Editor in Chief
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

An Emblematic Edition Commemorating Five Decades of RTE

Revista Tecnológica Espol - RTE® presents **Volume 38, Issue 1: 50 Years of Excellence**. An emblematic edition commemorating five decades of contribution to the dissemination of scientific and technological knowledge. Since its establishment in 1976, the journal has accompanied the evolution of research, innovation, and higher education, consolidating its position as a multidisciplinary platform for publishing relevant contributions in engineering, technology, social sciences, and life sciences. This issue celebrates a legacy of continuity, growth, and academic impact built by generations of authors, reviewers, editors, and readers.

The **Engineering, Technology, and Applied Artificial Intelligence** highlights the use of AI as a cross-cutting pillar of technological innovation, oriented toward optimization and data-driven decision-making. The **Education and Digital Innovation** section presents advances in inclusive pedagogical practices and technology-mediated learning models. The **Business, Economics, and Sustainable Development** section brings together research that emphasizes the importance of inclusive socioeconomic structures and mechanisms in local contexts. Finally, the **Sustainable Agriculture** section provides evidence on practices that strengthen agricultural productivity and underscores the relevance of applied research for food security, productive sustainability, and efficient resource use.

In the year of its fiftieth anniversary, *Revista Tecnológica Espol - RTE®* celebrates its inclusion in Scopus, one of the world's most prestigious bibliographic databases. This achievement is the result of the sustained efforts of authors, reviewers, editors, scientific committees, institutional authorities, and collaborators who have contributed to strengthening the journal's scientific and editorial quality.

As part of this celebration, we are also pleased to present the **Commemorative Article**, "*Revista Tecnológica ESPOL – RTE: Fifty Years of Scientific History, Editorial Innovation, and Academic Internationalization (1976–2026)*", a contribution that documents the journal's evolution from its origins to its recent indexing in Scopus and highlights the principal scientific, editorial, and institutional milestones that have shaped its trajectory.

Building on this legacy, we reaffirm our commitment to editorial excellence, scientific integrity, the internationalization of knowledge, and our service to society.

Katherine Salvador Cisneros, PhD.
Executive Director Co-Editor
Revista Tecnológica ESPOL – RTE

<https://doi.org/10.37815/rte.v38n1.1520>

Artículo Conmemorativo



Revista Tecnológica ESPOL – RTE: Cincuenta años de historia científica, innovación editorial e internacionalización académica (1976– 2026)

Nayeth Idalid Solórzano Alcivar¹ <https://orcid.org/0000-0002-5642-334X>,

¹*Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil,
Ecuador*
nsolorza@espol.edu.ec

Introducción

Este mes de junio de 2026, la Revista Tecnológica ESPOL-RTE conmemora cincuenta años de trayectoria académica y científica, consolidándose como una de las publicaciones universitarias de investigación multidisciplinaria más representativas del Ecuador y alcanzando, precisamente en este año histórico, uno de los logros más trascendentales de su existencia: su indexación en Scopus, una de las bases de datos científicas más prestigiosas y exigentes del mundo.

Este reconocimiento internacional no solo valida la calidad editorial y científica de la revista, sino que también fortalece la reputación académica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y proyecta a nivel global la producción científica generada en Ecuador. La indexación en Scopus constituye, además, un hecho especialmente significativo, ya que nuestra revista cumplió, en su primera solicitud, todos los requisitos de adhesión a los estándares internacionales exigidos por el comité evaluador, sin sufrir rechazos previos ni requerimientos de reevaluación. Este resultado representa un motivo de profundo orgullo institucional y evidencia el nivel de madurez editorial alcanzado por la revista en los últimos años.

La historia de RTE refleja también la evolución de la comunicación científica universitaria en el país. A lo largo de cinco décadas, la revista atravesó procesos de consolidación institucional, modernización tecnológica, transformación digital e internacionalización académica, sostenidos por generaciones de directores, editores, revisores y autores comprometidos con la difusión del conocimiento científico.



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

Primer hito: el nacimiento de una visión científica institucional (1976)



La Revista Tecnológica ESPOL, inicialmente considerada de difusión científico-tecnológica y de carácter transdisciplinario, publica su primer volumen en septiembre de 1976, bajo la dirección de un comité editorial integrado por los profesores Efrén Jaramillo Carrión, Pedro Carló Paredes y Carlos Arnao Ramírez, en colaboración con el profesor Carlos Becerra Escudero. El primer artículo publicado fue el del profesor Heinz Terán Mite, titulado “Importancia económica, social y técnica de la refinería estatal”, lo que marcó el inicio formal de la difusión de la producción científica institucional. En 1977, el profesor Becerra fue designado director de la revista por las autoridades de ESPOL; le siguieron, en designación, los profesores Homero Ortiz Arízaga, Alfredo Barriga Rivera, Raúl Paz Chávez y José Rolando Marín como directores editoriales, entre 1983 y 2004, respectivamente.

Su creación coincidió con una etapa de fortalecimiento académico de la ESPOL, impulsada por el retorno de jóvenes profesionales formados en universidades extranjeras y por proyectos institucionales como BIDESPOL I, que promovieron el crecimiento científico politécnico. En los primeros años, editar una revista científica implicaba un esfuerzo completamente artesanal: los artículos se redactaban en máquinas de escribir mecánicas, las correcciones se realizaban manualmente y la impresión (con tipos móviles) se efectuaba en talleres ubicados en el antiguo campus de Las Peñas.

Una de las anécdotas más recordadas por el profesor Efrén Jaramillo Carrión fue, precisamente, el entusiasmo con el que los primeros editores trabajaban largas jornadas revisando manuscritos en formato físico, sin imaginar que, décadas después, aquella revista universitaria alcanzaría reconocimiento internacional. La revista nació con una visión abierta al conocimiento científico y tecnológico, con artículos provenientes del cuerpo docente de la institución, y se convirtió rápidamente en un espacio de divulgación académica, inicialmente dirigido a investigadores y docentes de la ESPOL.

Durante esta primera etapa, la revista consolidó gradualmente su presencia institucional. Posteriormente, en 1991, logró formalizar internacionalmente su identificación seriada mediante el registro oficial de su ISSN, uno de los pasos fundamentales para su profesionalización editorial e inminente proyección internacional.

Segundo hito: digitalización, modernización y primeros estándares internacionales (2005)



El año 2005 marcó un punto de inflexión para la Revista Tecnológica ESPOL, que desde entonces se abrevia como RTE. Bajo la gestión del Dr. Boris Vintimilla Burgos, se inició un proceso integral de modernización editorial y tecnológica orientado al cumplimiento de estándares internacionales.

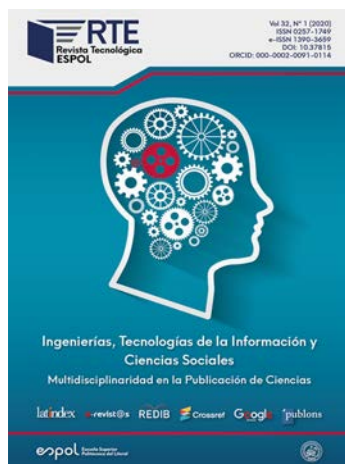
Durante esta etapa se implementaron importantes innovaciones: se formalizaron los comités editoriales y de revisores, se incorporaron procesos estructurados de evaluación científica y se iniciaron las convocatorias “Call for Papers”, lo que fortaleció la rigurosidad académica de la revista. Paralelamente, se desarrolló la primera plataforma digital de gestión editorial, automatizando procesos que antes se realizaban manualmente.

Una anécdota, particularmente recordada por el Dr. Vintimilla, fue el enorme reto que supuso la digitalización editorial en una época en la que muchas revistas universitarias aún se imprimían por completo en papel. El desarrollo de una plataforma digital para la recepción, revisión y publicación de artículos fue considerado una iniciativa innovadora en la universidad y demandó un esfuerzo técnico y organizacional importante.

En esta etapa también se efectuó oficialmente la transición al formato electrónico mediante el registro del e-ISSN, lo que fortaleció la presencia digital de la revista y amplió su alcance internacional. Como resultado de estos avances, la revista obtuvo su indexación en Latindex en 2007, uno de los primeros reconocimientos formales de su calidad editorial, lo que marcó el inicio de la internacionalización.

Posteriormente, las gestiones lideradas por la Dra. Fabiola Cornejo Zúñiga y el Dr. Xavier Ochoa Chehab, entre 2008 y 2018, permitieron consolidar la continuidad digital, fortaleciendo progresivamente su presencia en línea y manteniendo activa la publicación durante una etapa clave de transición tecnológica.

Tercer hito: relanzamiento editorial e indexación internacional Scopus (2019–2026)



A finales de 2019, la Revista Tecnológica ESPOL inició una de las transformaciones más estratégicas de su larga historia. Luego de atravesar un periodo de inactividad editorial de cerca de un año, el actual Vicerrector de I+D+i de la ESPOL, Dr. Carlos Monsalve Arteaga, le propuso a la Dra. Nayeth Solórzano Alcívar asumir la Dirección General Editorial, iniciando así un proceso integral de reconstrucción orientado a posicionar a la publicación conforme a los estándares internacionales.

La anécdota que marca este nuevo inicio surge precisamente de aquella conversación en la Asociación de Profesores de la ESPOL, en la que el Dr. Monsalve Arteaga planteó el desafío de liderar una revista que permanecía prácticamente inactiva desde hacía más de un año. La respuesta inicial de la Dra. Solórzano Alcívar fue clara: aceptar el reto de contar con un respaldo institucional abierto que permitiera impulsar una transformación profunda y sostenible. Lo que comenzó con un equipo editorial reducido se convirtió posteriormente en un ambicioso proyecto de relanzamiento internacional.

En 2020, la revista fue oficialmente relanzada con una nueva identidad visual, una plataforma tecnológica renovada mediante la adopción de versiones actualizadas de OJS (Open Journal Systems), la incorporación de identificadores DOI (Digital Object Identifier), procesos editoriales mucho más rigurosos y una estrategia orientada al fortalecimiento de la calidad, la visibilidad y la interoperabilidad científica.

A partir de entonces, la revista inició un crecimiento sostenido mediante la consolidación de un equipo editorial internacional, el fortalecimiento de la revisión por pares, la publicación bilingüe de acceso abierto y el desarrollo de volúmenes y secciones especiales en colaboración con prestigiosas instituciones nacionales e internacionales, entre ellas Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia (CEDIA), Global Migration Policy Associates (GMPA, Suiza), la Red de Facultades de Ingeniería en Sistemas e Informática del Ecuador (RedIFIESIS), Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG), la Universidad de Especialidades Espíritu Santo (UEES), Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), y la Asociación Ecuatoriana para el Fomento de la Investigación Educativa (ASEFIE). Estas colaboraciones permitieron ampliar la proyección interdisciplinaria y global de la revista,

abordando temáticas relacionadas con la innovación, la sostenibilidad, la logística, la migración, la justicia social, la educación y la transformación digital.

Entre 2020 y 2025, la revista obtuvo importantes indexaciones internacionales, registros en bases de datos, directorios, bibliotecas y membresías, tales como DOAJ, REDIB, Crossref, e-revistas, Latindex 2.0, AmeliCA, EuroPub Index Copernicus, Publons, Road, MIAR, OpenAlex, RERCIE y We-editors, lo que fortaleció progresivamente su posicionamiento global.

Posteriormente, en marzo de 2026, la Revista Tecnológica ESPOL obtuvo su indexación oficial en Scopus, convirtiéndose en la primera revista institucional de la ESPOL en obtener dicha distinción. Más allá del reconocimiento académico, esto representa la consolidación de un proceso editorial con visión estratégica, disciplina y compromiso institucional. Este hecho es particularmente significativo, ya que la revista superó con creces todos los criterios internacionales de Scopus desde su primera postulación oficial, algo poco común en los procesos de evaluación de este tipo de indexación de revistas internacionales.

Este hito confirma no solo nuestra calidad editorial, sino también la capacidad de la ESPOL para publicar y difundir investigación científica de nivel mundial, tras un proceso editorial riguroso, ético y socialmente responsable. Asimismo, fortalece las oportunidades de colaboración internacional, incrementa la visibilidad de los investigadores ecuatorianos y posiciona a la universidad como referente regional en producción científica y en comunicación académica.

A sus cincuenta años, la Revista Tecnológica ESPOL-RTE no solo celebra una historia de permanencia institucional, sino también de transformación, resiliencia e innovación científica. Su indexación en Scopus constituye uno de los mayores logros de medio siglo de esfuerzo colectivo y una oportunidad de seguir mejorando y manteniendo la excelencia, al mismo tiempo que marca el inicio de una nueva etapa de proyección internacional de la ciencia y la tecnología de carácter multidisciplinario producidas en Ecuador, para Latinoamérica y el mundo.

Fuentes consultadas¹

Avelino, K., Yapur, M., & Solórzano, N. (2026). Informe de levantamiento de la cronología histórica de la Revista Tecnológica ESPOL (1976–2026): Compendio documental y revisión histórica institucional. Documento de trabajo inédito. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Centro Interuniversitario de Desarrollo [CINDA]. (2026,05,20). *Revista Tecnológica ESPOL obtiene indexación en Scopus*. <https://cinda.cl/revista-tecnologica-espul-alcanza-indexacion-en-scopus/>

Jaramillo, E., Yapur, M., & Monsalve, C. (2026). Entrevistas y testimonios sobre la historia editorial de la Revista Tecnológica ESPOL. *Entrevistados por Nayeth Solórzano*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Maldonado, J. A., Romero, J., & Castro, J. L. (2026). Material de difusión institucional sobre la indexación de la Revista Tecnológica ESPOL en Scopus. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.instagram.com/reel/DYCxWd-ghnc/?igsh=MTRicG42ZmJyZHI3aw%3D%3D>

Navarro, S. (2019). La ESPOL y sus protagonistas: Primeros 50 años. Una historia narrada por sus actores. Asociación de Profesores Jubilados de la ESPOL. <http://apj.apespol.ec/descargas/Libro-ESPOL-Actualizacion4.pdf>

Revista Tecnológica ESPOL. (s. f.). Archivos históricos digitales de volúmenes publicados. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/es/issue/archive>

Vintimilla, B. (2026). Remembranzas y testimonios sobre el proceso de modernización e indexación de la Revista Tecnológica ESPOL / *Entrevistado por Nayeth Solórzano*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

¹ Bibliografía y otras fuentes consultadas para este artículo conmemorativo de carácter narrativo-anecdótico.



Revista Tecnológica ESPOL – RTE: Fifty years of scientific history, editorial innovation and academic internationalization (1976–2026)

Nayeth Idalid Solórzano Alcivar¹ <https://orcid.org/0000-0002-5642-334X>,

¹*Escuela Superior Politécnica del Litoral*, Guayaquil,
Ecuador
nsolorza@espol.edu.ec

Introduction

This June 2026, the Revista Tecnológica ESPOL – RTE commemorates fifty years of academic and scientific history, consolidating itself as one of the most representative multidisciplinary research university publications in Ecuador and achieving, precisely in this historic year, one of the most transcendental achievements of its existence: its indexing in Scopus, one of the most prestigious and demanding scientific databases in the world.

This international recognition not only validates the journal's editorial and scientific quality but also strengthens the academic reputation of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) and showcases Ecuador's scientific output on a global stage. Indexing in Scopus is also particularly significant, as our journal met all the requirements for adherence to international standards set by the evaluation committee on its first application, without facing prior rejections or requests for re-evaluation. This result is a source of great institutional pride and demonstrates the level of editorial maturity the journal has achieved in recent years.

The history of RTE also reflects the evolution of university science communication in the country. Over five decades, the journal has undergone institutional consolidation, technological modernization, digital transformation, and academic internationalization, sustained by generations of directors, editors, reviewers, and authors committed to disseminating scientific knowledge.



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

First milestone: the birth of an institutional scientific vision (1976)



The Revista Tecnológica ESPOL, initially conceived as a scientific-technological dissemination vehicle of a transdisciplinary nature, published its first volume in September 1976, under the direction of an editorial committee composed of professors Efrén Jaramillo Carrión, Pedro Carló Paredes, and Carlos Arnao Ramirez, in collaboration with Professor Carlos Becerra Escudero. The first article published was that of Professor Heinz Terán Mite, entitled “Economic, social and technical importance of the state refinery”, which marked the formal beginning of the dissemination of institutional scientific production. In 1977, Professor Becerra was appointed director of the journal by the ESPOL authorities; he was followed in that role by professors Homero Ortiz Arízaga, Alfredo Barriga Rivera, Raúl Paz Chávez, and José Rolando Marín who served as editorial directors, respectively, between 1983 and 2004.

Its creation coincided with a stage of academic strengthening at ESPOL, driven by the return of young professionals trained abroad and by institutional projects such as BIDESPOL I, which promoted the development of polytechnic science. In the early years, editing a scientific journal involved a completely artisanal effort: articles were written on mechanical typewriters, corrections were made by hand, and printing (with movable type) was carried out in workshops on the old Las Peñas campus.

One of the anecdotes most remembered by Professor Efrén Jaramillo Carrión was, precisely, the enthusiasm with which the first editors worked long days reviewing manuscripts in physical format, without imagining that, decades later, that university journal would achieve international recognition. The journal was born with an open vision of scientific and technological knowledge, with articles from the institution’s faculty, and quickly became a space for academic dissemination, initially aimed at researchers and teachers of ESPOL.

During this first stage, the journal gradually consolidated its institutional presence. Subsequently, in 1991, it formalized its serial identification internationally by registering its ISSN, a fundamental step toward its editorial professionalization and imminent international projection.

Second milestone: digitalization, modernization, and first international standards (2005)



The year 2005 marked a turning point for the Revista Tecnológica ESPOL, which has since been abbreviated as RTE. Under the management of Dr. Boris Vintimilla Burgos, a comprehensive process of editorial and technological modernization to comply with international standards of scientific quality began.

During this stage, important innovations were implemented: the editorial and review committees were formalized, structured scientific evaluation processes were introduced, and the “Call for Papers” initiative was launched, strengthening the journal’s academic rigor. At the same time, the first digital editorial management platform was developed, automating processes that were carried out manually.

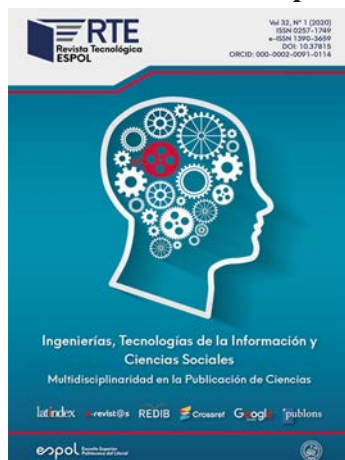
An anecdote, particularly remembered by Dr. Vintimilla, was the enormous challenge posed by the digitization of editorial content at a time when many university journals were still

printed entirely on paper. The development of a digital platform for the reception, review, and publication of articles was considered an innovative initiative at the university and required a significant technical and organizational effort.

This stage also marked the official transition to an electronic format via e-ISSN registration, strengthening the journal's digital presence and expanding its international reach. As a result of these advances, the journal was indexed in Latindex in 2007, one of the first formal recognitions of its editorial quality, marking the beginning of its internationalization.

Subsequently, the efforts led by Dr. Fabiola Cornejo Zúñiga and Dr. Xavier Ochoa Chehab, between 2008 and 2018, allowed the consolidation of digital continuity, progressively strengthening its online presence and keeping the publication active during a key stage of technological transition.

Third milestone: Scopus publishing relaunch and international indexing (2019–2026)



At the end of 2019, the Revista Tecnológica ESPOL – RTE began one of the most strategic transformations in its long history. After a year of editorial inactivity, the current Vice-Rector of R+D+i at ESPOL, Dr. Carlos Monsalve Arteaga, proposed that Dr. Nayeth Solórzano Alcívar assume the General Editorial Directorate, thereby initiating a comprehensive reconstruction process to position the publication in accordance with international standards.

The anecdote that marks this new beginning arises precisely from that conversation in the Association of Professors of ESPOL, in which Dr. Monsalve Arteaga posed the challenge of leading a journal that had remained practically inactive for more than a year. Dr. Solórzano Alcívar's initial response was clear: to accept the challenge of securing open institutional support that would enable a deep and sustainable transformation. What began with a small editorial team later became an ambitious international relaunch project.

In 2020, the journal was officially relaunched with a new visual identity, a renewed technological platform through the adoption of updated versions of OJS (Open Journal Systems), the incorporation of DOI (Digital Object Identifiers), much more rigorous editorial processes, and a strategy aimed at strengthening quality, visibility, and scientific interoperability.

From then on, the journal experienced sustained growth through the consolidation of an international editorial team, the strengthening of peer review, open-access bilingual publication, and the development of volumes and special sections in collaboration with prestigious national and international institutions, including the Ecuadorian Corporation for the Development of Research and Academia (CEDIA); Global Migration Policy Associates (GMPA, Switzerland); the Network of Faculties of Systems Engineering and Computer Science of Ecuador (RedIFIESIS); the Business Technological University of Guayaquil (UTEG); the University of Specialties Espíritu Santo (UEES); the University of Engineering and Technology (UTEC); and the Ecuadorian Association for the Promotion of Educational Research (ASEFIE). These collaborations enabled the journal to expand its interdisciplinary and global reach, addressing issues in innovation, sustainability, logistics, migration, social justice, education, and digital transformation.

Between 2020 and 2025, the journal obtained important international indexing, registrations in databases, directories, libraries, and memberships, such as DOAJ, REDIB,

Crossref, e-journals, Latindex 2.0, AmeliCA, EuroPub Index Copernicus, Publons, Road, MIAR, OpenAlex, RERCIE, and We-editors, which progressively strengthened its global positioning.

Subsequently, in March 2026, the ESPOL Technology Journal was officially indexed in Scopus, becoming the first ESPOL institutional journal to receive this distinction. Beyond academic recognition, this represents the consolidation of an editorial process characterized by strategic vision, discipline, and institutional commitment. This achievement is particularly significant because the journal far exceeded all of Scopus's international criteria at the time of its initial application, a rare feat in the evaluation processes for this type of international journal indexing.

This milestone confirms not only our editorial quality but also ESPOL's ability to publish and disseminate world-class scientific research through a rigorous, ethical, and socially responsible editorial process. It also expands opportunities for international collaboration, increases the visibility of Ecuadorian researchers, and positions the university as a regional benchmark for scientific production and academic communication.

At its fiftieth anniversary, the Revista Tecnológica ESPOL – RTE not only celebrates a history of institutional permanence, but also of transformation, resilience, and scientific innovation. Its indexing in Scopus is one of the greatest achievements of half a century of collective effort and an opportunity to continue improving and maintaining excellence, while also marking the beginning of a new stage in the international projection of multidisciplinary science and technology produced in Ecuador for Latin America and the world.

Sources¹

Avelino, K., Yapur, M., & Solórzano, N. (2026). Report on the survey of the historical chronology of the Revista Tecnológica ESPOL (1976–2026): Documentary compendium and institutional historical review. Unpublished working document. Polytechnic School of the Litoral.

Interuniversity Development Center [CINDA]. (2026,05,20). *Revista Tecnológica ESPOL – RTE obtains indexation in Scopus*. <https://cinda.cl/revista-tecnologica-espol-alcanza-indexacion-en-scopus/>

Jaramillo, E., Yapur, M., & Monsalve, C. (2026). Interviews and testimonies on the editorial history of the Revista Tecnológica ESPOL – RTE. *Interviewed by Nayeth Solórzano*. Polytechnic School of the Litoral.

Maldonado, J. A., Romero, J., & Castro, J. L. (2026). Institutional dissemination material on the indexing of the Revista Tecnológica ESPOL – RTE in Scopus. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.instagram.com/reel/DYCxWd-ghnc/?igsh=MTRicG42ZmJyZHI3aw%3D%3D>

Navarro, S. (2019). ESPOL and its protagonists: First 50 years. A story narrated by its actors. Association of Retired Teachers of ESPOL. <http://apj.apespol.ec/descargas/Libro-ESPOL-Actualizacion4.pdf>

Revista Tecnológica ESPOL. (n.d.). Digital historical archives of published volumes. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/es/issue/archive>

Vintimilla, B. (2026). Remembrances and testimonies about the process of modernization and indexing of the Revista Tecnológica ESPOL – RTE / *Interviewed by Nayeth Solórzano*. Polytechnic School of the Litoral.

¹ Bibliography and other sources consulted for this commemorative narrative and anecdotal article

**Ingeniería,
Tecnología e
Inteligencia Artificial
Aplicada /
Engineering,
Technology, and
Applied Artificial
Intelligence**





“Cinco décadas acercando la ciencia a la sociedad. Hoy, nuestra indexación en Scopus reconoce un camino de rigor, calidad e impacto académico”.

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



CIENCIA | INNOVACIÓN | CONOCIMIENTO | IMPACTO

Impacto de la generación distribuida en la red de distribución en Sudamérica: Análisis tecno-operativo

Impact of Distributed Generation on Distribution Network in South America: A Techno-Operational Analysis

Diego Cando-Naula¹ <https://orcid.org/0009-0001-6540-6795>, Freddy Chuqui-Cajamarca¹ <https://orcid.org/0009-0007-6748-0378>, Danny Ochoa-Correa² <https://orcid.org/0000-0001-5633-1480>, Santiago Torres-Contreras² <https://orcid.org/0000-0002-8803-6811>

¹Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Cuenca, Ecuador
diego.cando@ucuenca.edu.ec, freddy.chuqui@ucuenca.edu.ec

²Universidad de Cuenca, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Cuenca, Ecuador
danny.ochoac@ucuenca.edu.ec, santiago.torres@ucuenca.edu.ec



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

Enviado: 2025/05/26

Aceptado: 2026/04/09

Publicado: 2026/06/15

Resumen

El incremento sustancial de la generación distribuida (GD) en las redes de distribución (RD) de Sudamérica, en la última década, marca un cambio paradigmático que la industria y la academia deben abordar. Diversos estudios se han centrado en evaluar su integración desde una perspectiva técnico-operativa. En este contexto, este artículo presenta una revisión de la literatura sobre la integración de la GD y sus impactos en las RD, centrada en estudios que representan explícitamente la red de distribución a través de su modelado eléctrico dentro del análisis. Esta investigación se realiza en el contexto sudamericano mediante un análisis exhaustivo de artículos científicos publicados entre 2013-2024, con la metodología Prisma aplicada. La investigación demostró que la tecnología fotovoltaica constituye la principal fuente de generación analizada. Asimismo, se evidencia una marcada preferencia por el uso de OpenDSS como herramienta de análisis, y se destaca a Brasil como el país con el mayor volumen de investigación en este campo. Además de proporcionar un análisis detallado de estudios clave, parámetros relevantes, casos de RD destacados y herramientas computacionales habituales, este estudio también examina el impacto de la GD en los distintos niveles de las RD. En este sentido, se abordan áreas de

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

Como citar: Cando-Naula, D., Chuqui-Cajamarca, F., Ochoa-Correa, D. & Torres-Contreras, S. (2026). Impacto de la generación distribuida en la red de distribución en Sudamérica: Análisis tecno-operativo. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 25-46. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1324>

investigación que han recibido poca atención hasta el momento, lo que subraya la necesidad de una mayor exploración en estos ámbitos para comprender plenamente los efectos de la GD.

Palabras clave: Generación descentralizada, Redes reales y sintéticas, Modelado de redes de distribución, Impactos técnicos y operativos, Análisis bibliométrico, Metodología Prisma.

Abstract

Over the past decade, the substantial expansion of distributed generation (DG) in South American's Distribution Networks (DN) has represented a paradigmatic shift that both industry and academia must address. Numerous studies have focused on assessing this integration from a technical–operational perspective. In this context, this article presents a literature review on DG integration and its impacts on DNs, focusing on studies that explicitly represent the DN through electrical modeling within the analytical framework. This research has been conducted within a South American context by an exhaustive analysis of scientific articles published between 2013 and 2024, applying the Prisma methodology. The investigation demonstrated that photovoltaic technology constitutes the primary generation source examined, also revealing a marked preference for OpenDSS as the analytical tool and identifying Brazil as the country with the highest research volume in this field. In addition to providing a detailed analysis of key studies, relevant parameters, commonly studied DN cases, and frequently used computational tools, this study also examines the impact of DG across different DN levels. In this regard, it discusses research areas that have received little attention thus far, highlighting the need for further exploration in these areas to fully understand the effects of DG.

Keywords: Distributed Energy Resources, Real and synthetic Networks, Distribution network modeling, Technical and operational Impacts, Bibliometric analysis, Prisma methodology.

Introducción

En Sudamérica, la transición hacia un modelo de generación eléctrica distribuida (GD), en contraste con el tradicionalmente centralizado, se ha acelerado debido a la necesidad de diversificar la matriz energética de un país o región (Chabla-Auqui et al., 2023) principalmente a través de fuentes renovables. Un ejemplo es Galápagos, cuyo objetivo es alcanzar una generación 100 % renovable para el año 2050 (Barreto-cuesta et al., 2024). La incorporación de GD no solo promueve una transición hacia una generación sostenible, sino que fortalece la resiliencia de la infraestructura energética ante las demandas y tendencias topológicas cambiantes (Villa-Ávila et al., 2023), aunque bajo una planificación inadecuada, puede ocasionar problemas técnicos en las redes de distribución (RD) (Aucapiña et al., 2017; de Almeida et al., 2024; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Torres et al., 2019).

El estudio enfocado en la integración de la GD en las RD es esencial tanto para la academia como para la industria, debido a que su integración mejora el desempeño técnico del sistema, reduce pérdidas y mejora el perfil de voltaje cuando existe un adecuado acoplamiento entre generación y demanda local, como lo demuestran (Henrique et al., 2023; López et al., 2025; Zambrano-Asanza et al., 2019); sin embargo, estos beneficios deben evaluarse junto con los requerimientos de reforzamiento de red, ya que mayores niveles de penetración pueden exigir adecuaciones o ampliaciones de la infraestructura de distribución, como señalan (Abud et al., 2022; de Souza Almeida Neto et al., 2023); por tanto, investigaciones profundas son necesarias para abordar desafíos que presenta la integración GD-RD tanto a nivel económico (Cebrian et al., 2024; Meneses & Mantovani, 2013; Souza Machado et al., 2016), regulatorio (de Souza Almeida Neto et al., 2023; Stecanella et al., 2020, 2022) y tecno-operativo.

En la región, la investigación sobre GD ha abordado diversas tecnologías bajo criterios de planificación y operación de las RD. La generación fotovoltaica (GFV) ha concentrado la mayor parte de los estudios, con beneficios en el aprovechamiento local de la energía y en la limitación de excedentes inyectados a la red, como se observa en los casos de Cuenca-Ecuador y Corrientes-Argentina (Vera et al., 2014; Zambrano-Asanza et al., 2019). De forma complementaria, la literatura también incorpora generación eólica (GE), generación hidroeléctrica a pequeña escala (GHP) y sistemas de almacenamiento de energía (SAE), que incluyen vehículos eléctricos (VE) bajo esquemas vehículo-a-red (V2G), como mecanismo de flexibilidad y soporte operativo (Henrique et al., 2023; Maia et al., 2024; Mattos et al., 2024; Saldanha et al., 2024; Silva et al., 2024). Asimismo, la integración GD-RD también se ha estudiado bajo el enfoque de redes inteligentes (RI), tal como se aborda en el estudio realizado por (de A. Olivieri et al., 2014).

Desde una perspectiva geográfica, la predominancia de las tecnologías de GD no es homogénea, ya que depende de factores económicos, políticos, técnicos, regulatorios y de la disponibilidad de recursos, que varían entre regiones e incluso dentro de un mismo país (de Souza Almeida Neto et al., 2023; Souza Machado et al., 2016; Zambrano-Asanza et al., 2019). En Brasil, por ejemplo, la discusión sobre la GFV ha evolucionado hacia marcos regulatorios que no solo incentiven su expansión, sino que también internalicen impactos tecno-económicos sobre la red, particularmente en demanda pico y costos de refuerzo asociados a transformadores y conductores (de Souza Almeida Neto et al., 2023; Stecanella et al., 2022).

El incremento GD-RD ha impulsado investigaciones centradas en una variedad de aspectos clave que incluyen análisis de flujo de potencia, confiabilidad, estabilidad, cortocircuitos, coordinación de protecciones, planificación de la expansión, calidad de energía y capacidad de alojamiento (Caballero-Peña et al., 2022; Cebrian et al., 2024; López et al., 2025; R. S. Pinto et al., 2019). La integración RD-GD presenta tanto ventajas como limitaciones técnicas y económicas; por ejemplo, puede reducir pérdidas, mejorar la estabilidad de voltaje y frecuencia, gestionar la demanda pico, disminuir emisiones de carbono, entre otros, según lo mencionado (Knak Neto et al., 2019; Zambrano-Asanza et al., 2019); sin embargo, si su penetración excede la capacidad de absorción de la red, puede provocar flujo inverso, sobrevoltajes y requerimientos adicionales de refuerzo y adaptación de la RD (Abud et al., 2022; Aucapiña et al., 2017; de Almeida et al., 2024; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Henrique et al., 2023; Torres et al., 2019).

El modelamiento de las RD es necesario para cuantificar los impactos de la integración GD-RD, ya que la estimación de pérdidas, voltajes, flujos, sobrecargas y desempeño de protección depende de la fidelidad con que se represente la topología de red. En este contexto, la literatura distingue principalmente entre RD de prueba y RD reales; como ejemplo de las primeras, (Azeredo et al., 2023) emplean los alimentadores IEEE de 13, 34 y 123 nodos para evaluar la asignación óptima de generación fotovoltaica distribuida, bancos de capacitores y limitadores de corriente de falla, mientras que, como ejemplo de las segundas, (Abud et al., 2022) utiliza un alimentador real de 13,8 kV de Armação de Búzios para estimar la capacidad de alojamiento fotovoltaico y la probabilidad de sobretensión asociada a su difusión. No obstante, aunque existen RD de acceso libre, éstas suelen carecer del detalle requerido para simular sistemas completos (Palminier et al., 2021); por ello, se han desarrollado RD sintéticas a gran escala como alternativa para la investigación (Mateo et al., 2020; Trageser et al., 2022).

Con el fin de obtener resultados con adecuada precisión, algunos estudios emplean programas de libre acceso, como OpenDSS, mientras que otros recurren a software propietario, como DlgSILENT, PowerFactory, Interplan y Matlab; por otro lado, algunos estudios validan

sus propuestas mediante experimentos prácticos (Maia et al., 2024; Mattos et al., 2024; Mendes et al., 2023; G. X. A. Pinto et al., 2024; Sampaio et al., 2020); sin embargo, al igual que ocurre con los trabajos basados en lenguajes propietario, estos estudios son aún escasos, en parte por la limitada inversión de la academia y la industria en licencias especializadas y en laboratorios que integren simulación y validación experimental (Guarda et al., 2019).

A partir de esta discusión, este artículo presenta los resultados de una revisión exhaustiva sobre la integración GD-RD sudamericana y la evaluación de sus impactos, centrada en estudios en los que las RD es modelada explícitamente mediante su topología y sus restricciones operativas. El proceso de prospección literaria, guiado por la metodología PRISMA, abarca el periodo 2013-2024 y se basa en material bibliográfico alojado en bases de datos digitales de referencia. La obra contribuye al conocimiento de los impactos GD-RD, en consonancia con experiencias internacionales. El artículo se estructura así: la sección materiales y métodos detalla la metodología de revisión; la sección resultados expone hallazgos sobre tendencias, producción, casos de estudio, herramientas, fuentes de generación y niveles de RD evaluados; la discusión ofrece un análisis crítico de estos hallazgos; y, la sección conclusiones, expone las consideraciones finales del estudio.

Materiales y Métodos

Proceso de recopilación de literatura científica

La recopilación de la literatura relevante para este estudio se realizó mediante búsquedas en bases de datos bibliográficas indexadas, entre ellas Scopus, IEEE Xplore y ScienceDirect; las ecuaciones de búsqueda utilizadas en cada una se presentan en la Tabla 1. La búsqueda se efectuó el 16 de diciembre de 2025 y consideró el periodo comprendido entre 2013 y 2024.

Tabla 1
Ecuaciones de búsqueda empleadas en cada base de datos

Base de datos	Términos de búsqueda	Rango
Scopus	TITLE-ABS-KEY (Distributed Generation Grid Impact) AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2025	2013-2024
IEEE Xplore	All (Distributed Generation Grid Impact)	2013-2024
Science Direct	TITLE-ABS-KEY (Distributed Generation Grid Impact)	2013-2024

Proceso de filtrado y selección de estudios

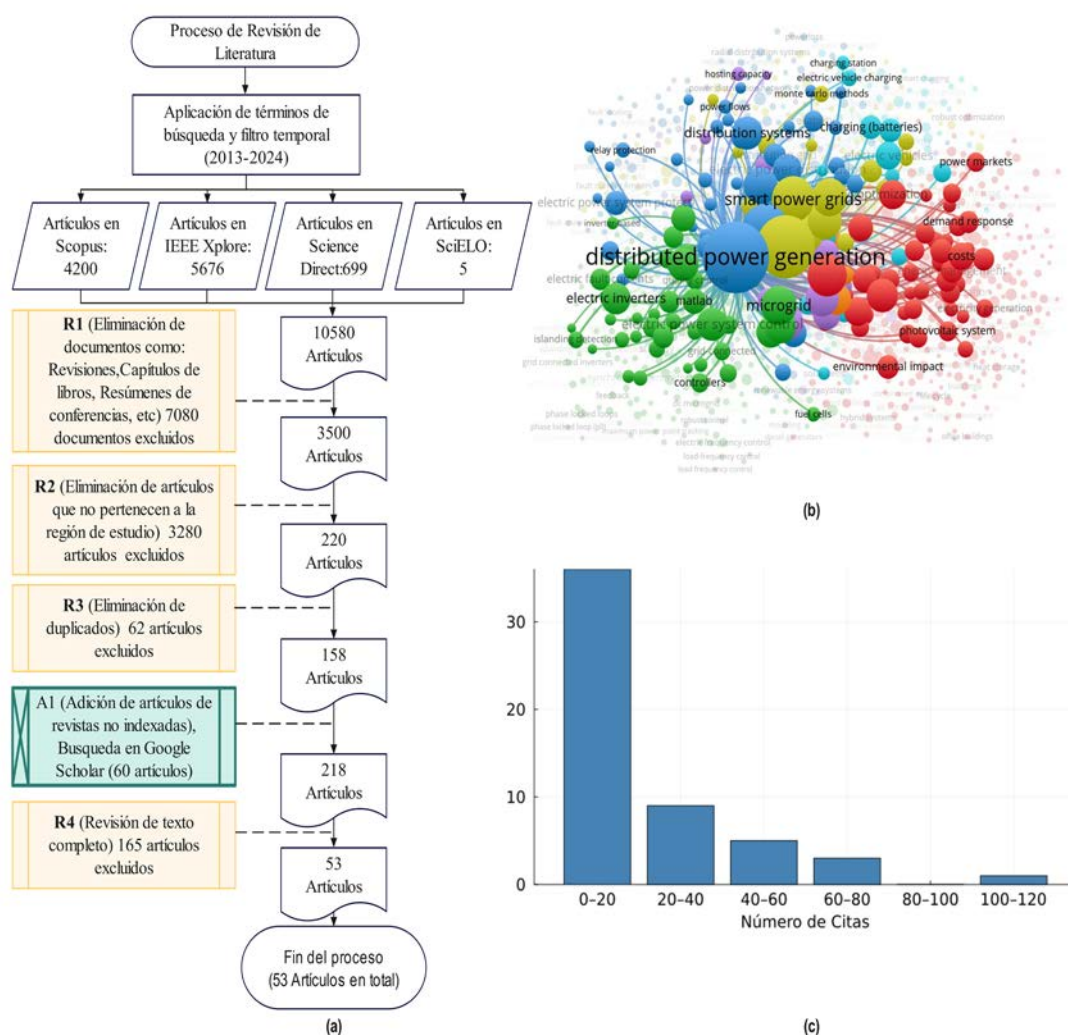
El proceso de selección y filtrado de artículos, basado en la metodología PRISMA (Page et al., 2021), incorpora guías orientadas a mejorar la calidad de la revisión literaria. La Figura 1a) presenta el esquema aplicado, que incluyen filtros y artículos obtenidos en cada etapa mientras que la Figura 1b) presenta un grafo de co-ocurrencia de palabras clave y la Figura 1c) muestra la distribución del número de citaciones de los 53 artículos seleccionados en esta revisión, con el fin de evidenciar el proceso de selección de artículos, además de resaltar la relevancia de los estudios reportados.

Al introducir las cadenas de búsqueda en las bases de datos, se identificaron 10580 artículos, cuyos metadatos (título, autores, palabras clave, resumen, año, DOI, fuente y revista) fueron almacenados en Excel. A partir de este conjunto inicial se ejecutó un proceso de selección por etapas, estructurado mediante los filtros R1–R4 que se enumeran a continuación:

1. En la etapa R1 se descartaron 7080 documentos debido a que correspondían a tipos de publicación no contemplados en el alcance de esta revisión, como revisiones, capítulos de libros, resúmenes de conferencias y otras fuentes secundarias.
2. En la etapa R2 se excluyeron 3280 artículos, cuyos casos de estudio o contextos de análisis no correspondían a la región de interés definida para esta revisión, es decir, Sudamérica.
3. En R3, una subrutina en Python comparó títulos y eliminó 62 duplicados, dejando 158 artículos para evaluación final. Para incorporar literatura adicional, en A1 se realizó una segunda búsqueda en Google Scholar con la misma cadena y horizonte temporal; dado el elevado número de resultados, se seleccionaron los artículos más relevantes de las tres primeras páginas, obteniéndose 60 publicaciones.
4. En la etapa R4, se realizó la revisión completa del texto de todos los documentos recopilados, con el fin de confirmar su pertinencia respecto al tema de estudio. Esta fase excluyó 165 artículos que, aunque relacionados con políticas energéticas, regulaciones, gestión de la demanda, vehículos eléctricos o redes inteligentes, no incluían a las RD como modelo en el análisis, sino que la abordaban de forma conceptual o indirecta.

Figura 1

Selección y análisis de literatura sobre generación distribuida en redes de distribución: (a) flujo PRISMA; (b) co-ocurrencia de palabras clave; (c) distribución de citas de artículos seleccionados.



Al finalizar el proceso de selección, se obtuvieron 53 publicaciones que cumplen con la estrategia de búsqueda y los criterios de inclusión definidos, sin identificarse trabajos adicionales dentro del alcance de la revisión.

Proceso de síntesis y extracción de información

Tras la selección de 53 publicaciones, se revisaron los temas abordados en cada una para elaborar un reporte que identificara los temas recurrentes. La revisión permitió agruparlos en cuatro puntos: a) tipos de energías empleados en la GD y características de las RD, b) herramientas utilizadas, c) estudios y parámetros tecno-operativos evaluados, y d) análisis por nivel de la RD donde se evalúa el impacto de la GD. Estos puntos se complementan con estadísticas sobre la evolución de las tendencias, el volumen de producción literaria en Sudamérica y el número de publicaciones por país.

Resultados

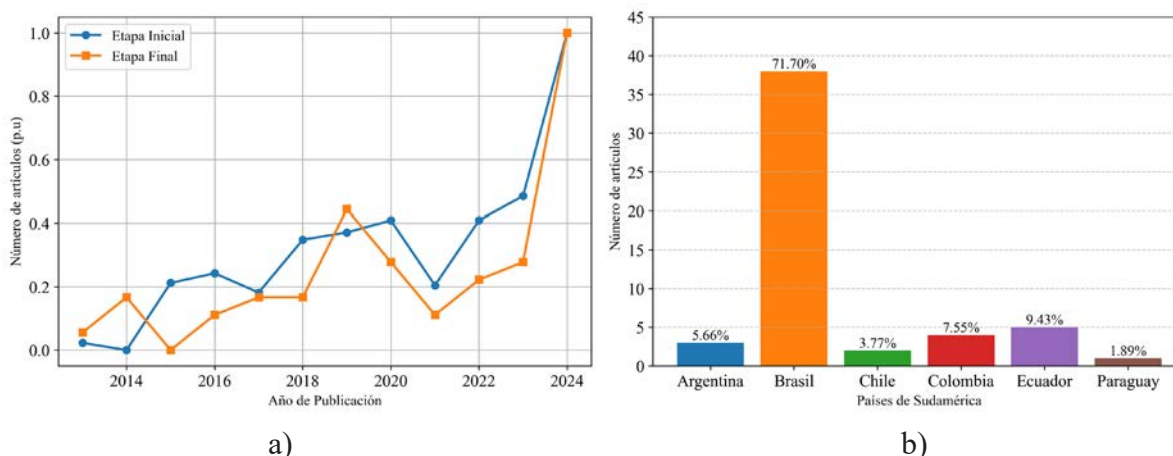
Proceso de síntesis y extracción de información

La Figura 2a) presenta valores normalizados del número de publicaciones, desde 10580 artículos iniciales hasta 53 finales. Esta normalización facilita la comparación temporal y evidencia una tendencia creciente de publicaciones durante los últimos 11 años, una reducción en 2021, posiblemente asociada a los efectos de la pandemia, y una recuperación posterior desde 2022, lo que sugiere un renovado interés en la temática.

Respecto a la distribución por países de la producción literaria, de los 53 artículos seleccionados, en la Figura 2b), se observa que solo 6 de los 12 países sudamericanos —Brasil, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile y Paraguay— han contribuido en este campo. Brasil destaca con 38 publicaciones, seguido por Ecuador (5) y Colombia (4); Argentina y Chile registran 3 y 2 publicaciones, respectivamente, mientras que Paraguay presenta 1 publicación. El liderazgo de Brasil se vincula con sus políticas en generación distribuida y la disponibilidad de recursos energéticos distribuidos en su territorio (Chabla-Auqui et al., 2023).

Figura 2

Análisis bibliométrico: a) tendencia anual de publicaciones, b) distribución geográfica del volumen de publicaciones por país



Tipos de fuentes de energía y modelado de la red de distribución

A nivel mundial, se han evaluado diversas fuentes de GD y su impacto en distintas configuraciones de las RD. Su priorización depende de condiciones regionales como la disponibilidad de recursos naturales, la infraestructura de la red, las políticas energéticas y

disposiciones específicas, dinámica que también se observa en Sudamérica. A continuación, se presentan las fuentes más evaluadas en la región, junto con las características y el modelado de las RD.

Análisis de fuentes de energía dominantes

La Figura 3 muestra la distribución de tecnologías preferidas en Sudamérica. La generación fotovoltaica (GFV) es la más abordada, con 42 publicaciones (79.25%). Le siguen los sistemas de almacenamiento de energía (SAE), con 13 publicaciones (24.53%). Tanto la generación eólica (GE) como la hidroeléctrica de pequeña escala (GHP) se analizan en 5 estudios cada una (9.43%). Cabe señalar que, aunque algunas investigaciones incluyen múltiples tecnologías, en esta clasificación cada una se contabiliza por separado para reflejar mejor su frecuencia de análisis.

- **Generación fotovoltaica (GFV)**

La literatura ofrece múltiples razones para el enfoque preferencial de la GFV. En (Leite et al., 2021) destacan la alta irradiación solar en la región, que favorece su implementación. En Pinto et al. (2024) señalan su viabilidad técnica incluso en zonas con condiciones menos favorables. En suma, la GFV se posiciona como la opción prioritaria en la GD por su facilidad de instalación, madurez tecnológica y bajos costos unitarios, según detallan (Abud et al., 2022; Leite et al., 2021). En países como Brasil, donde su penetración es alta, estudios recientes han incorporado variables de mercado y regulación al análisis técnico de su integración con las RD (de Almeida et al., 2024; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Stecanella et al., 2020, 2022).

Con base en las ventajas derivadas de la integración de la GFV en las RD, se han desarrollado líneas de investigación que evidencian beneficios técnicos señalados en estudios previos. Entre ellos destacan la reducción de pérdidas en las líneas de distribución y la mejora del perfil de voltaje en los nodos (de A. Olivieri et al., 2014; Leite et al., 2021; López et al., 2025; Mota Martins et al., 2024; Saldanha et al., 2024; Souza Machado et al., 2016), la disminución de costos operativos y de mantenimiento bajo un dimensionamiento adecuado (Knak Neto et al., 2019; Leite et al., 2021), y la menor dependencia de fuentes contaminantes (Zambrano-Asanza et al., 2019). También se reconoce su papel estratégico en redes inteligentes por su flexibilidad y capacidad de coordinación (Parada Contzen, 2024), así como su creciente planificación bajo criterios de adaptabilidad frente a eventos imprevistos, como desconexiones o fluctuaciones (Ramos et al., 2024).

- **Sistemas de almacenamiento de energía (SAE)**

El estudio de los SAE suele complementar la integración de otras fuentes de generación. En Sudamérica, según la Tabla 1, se observa que su análisis aparece estrechamente vinculado a la GFV, en respuesta a los desafíos generados por su creciente penetración en redes de distribución. Entre estos desafíos se identifican fluctuaciones de voltaje, desequilibrios de carga y mayores pérdidas de energía, atribuibles a la naturaleza intermitente de la generación fotovoltaica (Henrique et al., 2023; Knak Neto et al., 2019; Reiz & Leite, 2022). Los SAE permiten mitigar estos efectos mediante el almacenamiento de excedentes en periodos de alta producción solar y su utilización posterior durante baja generación o alta demanda (G. X. A. Pinto et al., 2024). Cabe destacar que los SAE incluyen soluciones móviles como los vehículos eléctricos con tecnología V2G, que permiten inyectar energía a la red para apoyar la estabilidad y cubrir picos de demanda (Mattos et al., 2024). También se investigan nuevas opciones como las baterías de hidrógeno (Parada Contzen, 2024).

- **Generación eólica (GE)**

En el contexto sudamericano, la GE se estudia principalmente en relación con la estabilidad del sistema, con énfasis en el impacto de desconexiones en cascada y la coordinación de protecciones (Mourinho & Assis, 2023; R. S. Pinto et al., 2019; Reiz & Leite, 2022). También se examina su integración con la GFV, destacando mejoras en el perfil de generación y una menor variabilidad en el suministro, lo que incrementa la autonomía energética, especialmente en aplicaciones como estaciones de carga rápida (M. S. da Cruz et al., 2024). Sin embargo, su análisis como fuente única es limitado debido a restricciones económicas, tecnológicas y geográficas. Según la revisión realizada, solo (R. S. Pinto et al., 2019) abordan este enfoque de forma aislada.

- **Generación hidroeléctrica a pequeña escala (GHP)**

La evaluación de la GHP se enfoca en aspectos de coordinación de protecciones y estabilidad del sistema, debido a su impacto en la estabilidad transitoria y en la limitación de corrientes de falla al integrarse a la RD (Filho et al., 2018; Meneses & Mantovani, 2013). La GHP suele complementar otras formas de GD, en particular fuentes intermitentes como la solar y la eólica, y contribuye a la dinámica del sistema mediante controles de frecuencia y voltaje.

La Tabla 2 resume las fuentes de generación y sus combinaciones. Algunos estudios como los de (de Barros Iscuissati et al., 2024; Guardiola et al., 2019; R. D. la Cruz et al., 2024; Maia et al., 2024; Sampaio et al., 2020) constituyen casos particulares, ya que no especifican una tecnología concreta para la GD. En su lugar, modelan la GD en función de su capacidad de inyección o integran grupos electrógenos como fuente principal o de respaldo (M. S. da Cruz et al., 2024; Silva et al., 2024).

Figura 3
Principales fuentes de generación estudiadas en Sudamérica

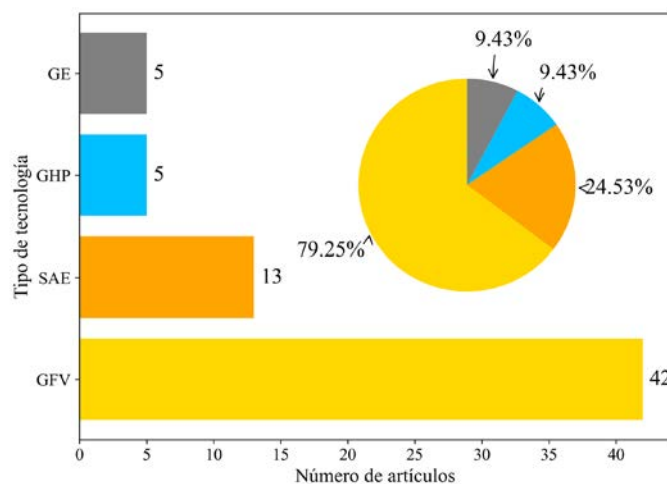


Tabla 2
Artículos que combinan diferentes tipos de GD

COMBINACIÓN	ARTÍCULOS
La GD se analiza de forma general, sin asociarse a una fuente específica, o se enfoca en el estudio puntual de un grupo electrógeno.	(de Barros Iscuissati et al., 2024; Guardiola et al., 2019; Guillén-López et al., 2024; R. D. la Cruz et al., 2024; Maia et al., 2024)
GHP	(Filho et al., 2018; Guarda et al., 2019; Meneses & Mantovani, 2013)

COMBINACIÓN	ARTÍCULOS
GHP+GE	(Madruga et al., 2018)
GHP+GFV+SAE+GE	(Reiz & Leite, 2022)
GFV	(Abud et al., 2022; Aucapiña et al., 2017; Azeredo et al., 2023; Buzo et al., 2021; Cáceres et al., 2017; Cebrian et al., 2024; Cunha Clark Leite et al., 2018; de A. Olivieri et al., 2014; de Almeida et al., 2024; de Oliveira et al., 2019; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Giacosa et al., 2016; Gurski et al., 2019; Guzmán-Henao et al., 2024; Holguin et al., 2020; Meneses & Mantovani, 2013; Montoya et al., 2021; Mota Martins et al., 2024; Ramos et al., 2024; Remon et al., 2017; Serrano Guerrero et al., 2022; Silva et al., 2024; Souza Machado et al., 2016; Stecanella et al., 2020, 2022; Torres et al., 2019; Vera et al., 2014; Vieira et al., 2020)
GFV+SAE	(Henrique et al., 2023; Knak Neto et al., 2019; Leite et al., 2021; López et al., 2025; Maia et al., 2024; Parada Contzen, 2024; G. X. A. Pinto et al., 2024; Saldanha et al., 2024; Santos et al., 2024; Zambrano-Asanza et al., 2019)
GFV+SAE +GE	(M. S. da Cruz et al., 2024)
GFV+GE	(Mourinho & Assis, 2023)
GE	(R. S. Pinto et al., 2019)
SAE-V2G	(Mattos et al., 2024)

Modelado de la red de distribución

Respecto al modelado de las RD, su construcción puede realizarse mediante una representación matemática o computacional de la red y sus componentes, incluidas las distintas fuentes de generación. Es fundamental definir una RD, que, según (Mateo et al., 2020) inicia en una subestación primaria (SP), donde transformadores de potencia reducen el voltaje desde transmisión o subtransmisión a niveles de medio voltaje (MV). Desde allí, los alimentadores de MV conectan las SP con subestaciones secundarias (SS), donde los transformadores de distribución (TD) reducen MV a bajo voltaje (BV) y se enlazan con las cargas; algunas, como las industriales, se conectan directamente en MV.

Las RD pueden clasificarse como reales o de prueba según su origen. En este contexto, la Tabla 3 y la Tabla 4 resumen los parámetros de los casos de estudio analizados y muestran que el 27.27% corresponde a redes de prueba, mientras que el 72.72% corresponde a redes reales.

Tabla 3
Casos de estudio analizados – parte I

ID	TIPO	ALIMEN- TADORES	TOPOLOGÍA OPERATIVA	BARRAS	MV [KV]	BV [V]	CARGA [MW]	CARGA [MVAR]	ARTÍCULOS
IEEE 13 Barras	Prueba	1	Radial	13	4.16	480	-	-	(Azeredo et al., 2023; Gurski et al., 2019; Holguin et al., 2020; R. D. la Cruz et al., 2024; Mendes et al., 2023)
IEEE 34 Barras	Prueba	1	Radial	34	24.9- 4.16	-	-	-	(Azeredo et al., 2023; de Barros Iscuissati et al., 2024; Mendes et al., 2023; Santos et al., 2024)
IEEE 33 Barras	Prueba	1	Radial	33	12.66	-	3.715	2.3	(Guzmán-Henao et al., 2024; Knak Neto et al., 2019; Mota Martins et al., 2024; Ramos et al., 2024)

ID	TIPO	ALIMEN- TADORES	TOPOLOGÍA OPERATIVA	BARRAS	MV [KV]	BV [V]	CARGA [MW]	CARGA [MVAR]	ARTÍCULOS
IEEE 123 Barras	Prueba	1	Radial	123	4.16	-	-	-	(Azeredo et al., 2023; Maia et al., 2024; Silva et al., 2024)
IEEE 135 Barras	Prueba	1	Radial	135	13.8	-	-	-	(Meneses & Mantovani, 2013; Reiz & Leite, 2022)
IEEE 37 Barras	Prueba	1	Radial	37	4.8	230			(Guarda et al., 2019)
IEEE-RBTS 2 Barras	Prueba	1	Radial	2	13.8	220			(R. S. Pinto et al., 2019)
IEEE 90 Barras Modificado	Prueba	1	Radial	90	13.8	220			(R. S. Pinto et al., 2019)
IEEE 27 Barras	Prueba	1	Radial	27	23		4.131	2.56	(Guzmán-Henao et al., 2024)
UFJF	Real	3	Radial	22	22	220	1.4	-	(Henrique et al., 2023)
D5	Real		Radial	11000	44- 13.2	-	-	-	(Montoya et al., 2021)
Bandeirante Power Distribution Company	Real	1	Radial	8	13.8	-	-	-	(Filho et al., 2018)
UTE	Real	-	Radial	21	31.5	-	-	-	(Giacosa et al., 2016)
UNNE	Real	-	Radial	1	-	220	-	-	(Cáceres et al., 2017)
0321- CentroSur- Pichacay	Real	1	Radial	2153	22	480	-	-	(Guillén-López et al., 2024)
0103- CentroSur	Real	1	Radial	-	6.3	-	-	-	(Zambrano-Asanza et al., 2019)
0325- CentroSur	Real	-	Radial	-	-	220	-	-	(Aucapiña et al., 2017)

Tabla 4
Casos de estudio analizados – parte II

ID	TIPO	ALIMEN- TADORES	TOPOLOGÍA OPERATIVA	BARRAS	MV [KV]	BV [V]	CARGA [MW]	CARGA [MVAR]	ARTÍCULOS
07MA040T15 (Ciudad del Sol)	Real	-	Radial	-	13.8	-	-	-	(Serrano Guerrero et al., 2022)
RD Armação de Búzios	Real	1	Radial	1352	13.8	220/127	-	-	(Souza Machado et al., 2016)
Iberdrola Distribución Eléctrica	Real	-	Radial	-	-	-	-	-	(López et al., 2025)
UFERSA	Real	-	Radial	-	13.8	380/220	-	-	(Vieira et al., 2020)
UNIFEI	Real	-	Radial	1	13.8	220	-	-	(de Oliveira et al., 2019)
Parintins	Real	-	Radial	-	-	-	-	-	(de A. Olivieri et al., 2014)
Medio Oriente Brasil	Real	499	-	-	34.5- 13.8	440- 380- 220	-	-	(Stecanella et al., 2020)
Armação de Búzios	Real	-	Radial	-	13.8	220/127	-	-	(Abud et al., 2022)

ID	TIPO	ALIMEN- TADORES	TOPOLOGÍA OPERATIVA	BARRAS	MV [KV]	BV [V]	CARGA [MW]	CARGA [MVAR]	ARTÍCULOS
Corrientes	Real	-	Radial	7	13.2	380/220	-	-	(Vera et al., 2014)
COB	Real	74	Radial	-	34.5- 13.8	440- 380	-	-	(Stecanella et al., 2022)
San José- Costa Rica	Real	1	Radial	125	34.5	208	-	-	(Mattos et al., 2024)
D1	Real	2	Radial	-	13.8	380	-	-	(de Almeida et al., 2024)
D2	Real	1	Radial	20	13.8	380/220	-	-	(Torres et al., 2019)
D3	Real	7	Radial	-	13.8	-	-	-	(Sampaio et al., 2020)
D4	Real	1	Radial	45	-	-	-	-	(Madruga et al., 2018)
D5	Real	-	Radial	670	13.8	220- 240- 440	7.2	4	(Cebrian et al., 2024)

* Las identificaciones 'D1', 'D2', etc., se utilizan en lugar de los nombres propios de las redes debido a la carencia de información en los artículos consultados.

Este hecho evidencia los esfuerzos de la comunidad investigadora por modelar RD reales que reflejen con mayor fidelidad las condiciones operativas del entorno, sin embargo, algunos estudios que afirman emplear casos reales, en realidad utilizan modelos construidos con datos reales sobre redes de prueba, como ocurre en (Guzmán-Henao et al., 2024), cuyo trabajo, pese a ser simulado, presenta un alto rigor y resultados cercanos al comportamiento real.

La selección del caso de estudio depende de parámetros como la disponibilidad de datos. Una limitante común es el acceso restringido a información real, ya que las RD pertenecen a empresas públicas y están sujetas a acuerdos de confidencialidad, además, no existen modelos de libre acceso a gran escala que cumplan con los requerimientos operativos reales (Mateo et al., 2020). Para afrontar esta limitación se han desarrollado RD sintéticas, diseñadas para reproducir el comportamiento de redes reales (Mateo et al., 2020; Palmintier et al., 2021; Trageser et al., 2022).

Parámetros clave en la concepción de la RD incluyen: la topología (radial: 100% de los casos analizados, mallada: 0%); el número de alimentadores y nodos, que definen la complejidad del sistema y el tiempo de cómputo; y el uso de simplificaciones en algunos estudios, como propone (Mendes et al., 2023), siempre que no comprometan la validez de los resultados. También incluyen variables como el nivel de voltaje (MV o BV), el tipo de demanda, y las características de transformadores, líneas y elementos de compensación entre otros.

En los casos de prueba, los datos completos están disponibles en la literatura, a diferencia de los casos reales que requieren solicitud directa a las empresas. Entre los sistemas de prueba más utilizados destacan los modelos IEEE: 13 barras (5 estudios), 34 y 33 barras (4 cada uno), 123 barras (3), 135 barras (2), y 37, RBTS de 2 barras, 90 y 27 barras (1 estudio cada uno).

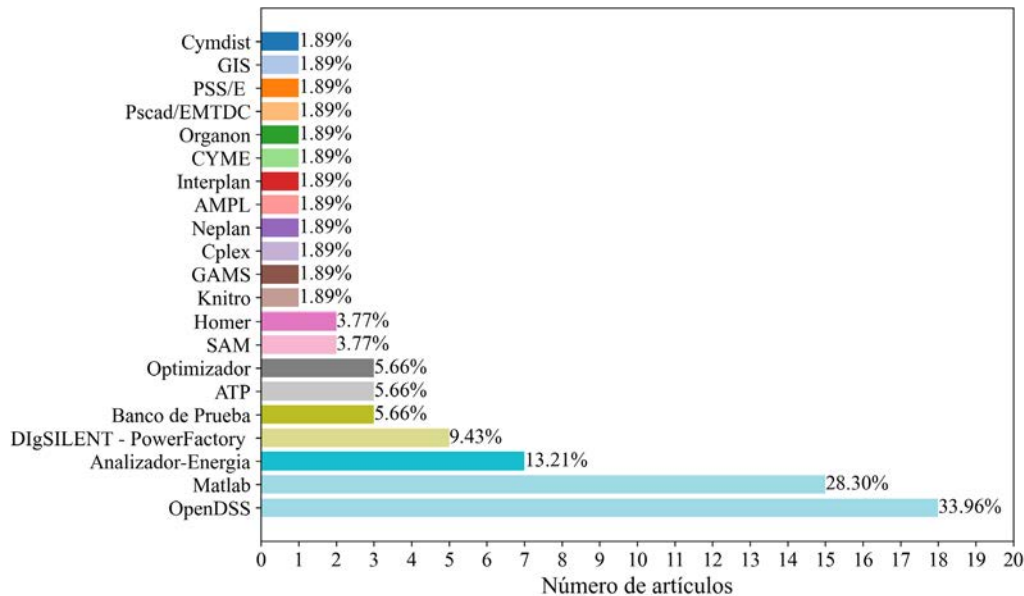
Herramientas y programas de simulación

La revisión muestra que los investigadores emplean principalmente instrumentos de medición y programas de simulación computacional para sus análisis. Estos últimos permiten evaluar sistemas en entornos controlados y se clasifican en comerciales o de código abierto, mientras que los instrumentos de medición permiten validar modelos con datos reales. La Figura

4 muestra que OpenDSS es el programa más utilizado (33.96%), seguido por Matlab (28.30%) y herramientas analizadoras de energía (13.21%). DIgSILENT PowerFactory (9.43%) y bancos de prueba (5.66%) presentan menor uso, debido a su carácter especializado y, en el caso del primero, a su acceso restringido por licencias comerciales.

Figura 4

Herramientas de simulación utilizadas para evaluar el impacto de la GD en las RD



Herramientas como Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (Homer), System Advisor Model (SAM) y Alternative Transients Program (ATP), con menos del 6% de uso, se emplean como soporte para cálculos de costos, dimensionamientos y simulaciones transitorias. La categoría optimizador (5.66%) refiere al uso de modelos matemáticos sin asociarse a un software específico. Otras plataformas registran una presencia menor en los estudios revisados, con una participación conjunta del 1.89%. Entre las orientadas al análisis eléctrico se encuentran PSCAD/EMTDC, PSS/E, CYME, Neplan y CYMDIST, utilizadas para simulaciones detalladas de sistemas de potencia. Por su parte, CPLEX, GAMS, AMPL y Knitro se emplean en la formulación y resolución de modelos matemáticos de optimización. Adicionalmente, GIS se incorpora como herramienta complementaria para el análisis espacial y representación geográfica.

Un 22.64% de estudios emplea múltiples programas de forma integrada, destacando combinaciones como SAM-OpenDSS, GIS-OpenDSS y Matlab-DIgSILENT PowerFactory. Además, un 9.43% utiliza más de dos herramientas simultáneamente, como el caso de (Holguin et al., 2020), que combina Neplan, ATP y OpenDSS. Este enfoque integrado evidencia un avance hacia entornos automatizados y versátiles, capaces de abordar objetivos múltiples y procesar distintos tipos de datos. La Tabla 5 resume los estudios que adoptan este tipo de estrategias.

Tabla 5

Estudios que integran más de una herramienta de simulación o modelado

PROGRAMA 1	PROGRAMA 2	PROGRAMA 3	ARTÍCULOS
OpenDSS	GIS	SAM	(Zambrano-Asanza et al., 2019)
OpenDSS	-	SAM	(de Souza Almeida Neto et al., 2023)
OpenDSS	ATP	Neplan	(Holguin et al., 2020)

PROGRAMA 1	PROGRAMA 2	PROGRAMA 3	ARTÍCULOS
DIGSILENT PowerFactory	Matlab	-	(Guarda et al., 2019)
CYME	DIGSILENT - PowerFactory	-	(Guillén-López et al., 2024)
DIGSILENT PowerFactory	GAMS	Matlab	(R. D. la Cruz et al., 2024)
Homer	Matlab	-	(Santos et al., 2024)
OpenDSS	Matlab	-	(Saldanha et al., 2024)
Pscad/EMTDC	OpenDSS	Matlab	(Mattos et al., 2024)
Banco de Prueba	Matlab	-	(de Almeida et al., 2024)
AMPL	Cplex	Knitro	(Silva et al., 2024)
ATP	Matlab	-	(de Barros Iscuissati et al., 2024)

Estudios y parámetros tecno-operativos

La selección de la herramienta adecuada depende de los requerimientos específicos de cada estudio y de su accesibilidad. En esta sección se analizan los estudios más relevantes realizados por distintos autores, junto con los principales parámetros considerados en cada caso.

Análisis de estudios en la revisión de literatura

En el ámbito de la GD-RD, la Figura 5 ofrece una visión general de los principales ejes temáticos abordados en la literatura técnica. Se destaca el predominio de los estudios sobre flujos de potencia, presentes en el 71.70% de las investigaciones. Le siguen los estudios sobre sistemas de protecciones (20.75%), que responden a la necesidad de adaptar estos esquemas ante los nuevos desafíos operativos que introduce la GD; por otro lado, la planificación, que incluye la ubicación y dimensionamiento, alcanza un 26.42%, mientras que los análisis sobre capacidad de alojamiento y calidad de energía representan cada uno un 13.21%. Asimismo, los estudios de carácter dinámico, como los de estabilidad (9.43%), complementan estas líneas de análisis.

Temas como regulaciones y confiabilidad (5.66%), mercados eléctricos (3.77%) y métodos de simplificación (1.89%) tienen menor representación, pero resultan esenciales para una visión integral. Aunque menos tratados, estos aspectos normativos, económicos y metodológicos complementan los análisis técnicos y fortalecen la planificación y operación de redes con alta participación de GD.

Figura 5
Estudios técnicos predominantes en la literatura a nivel de Sudamérica

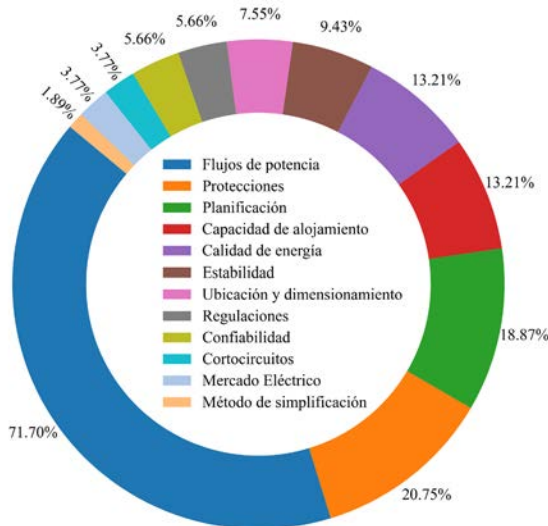


Tabla 6*Clasificación de los artículos analizados según los tipos de estudios realizados*

ESTUDIO	ARTÍCULOS
Flujos de potencia	(Abud et al., 2022; Aucapiña et al., 2017; Azeredo et al., 2023; Cáceres et al., 2017; Cebrian et al., 2024; M. S. da Cruz et al., 2024; de A. Olivieri et al., 2014; de Barros Iscuissati et al., 2024; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Guillén-López et al., 2024; Gurski et al., 2019; Guzmán-Henao et al., 2024; Henrique et al., 2023; Knak Neto et al., 2019; Leite et al., 2021; López et al., 2025; Maia et al., 2024; Mattos et al., 2024; Mendes et al., 2023; Montoya et al., 2021; Mota Martins et al., 2024; Parada Contzen, 2024; G. X. A. Pinto et al., 2024; R. S. Pinto et al., 2019; Saldanha et al., 2024; Serrano Guerrero et al., 2022; Silva et al., 2024; Stecanella et al., 2020, 2022; Torres et al., 2019; Vera et al., 2014; Zambrano-Asanza et al., 2019)
Protecciones	(Azeredo et al., 2023; Buzo et al., 2021; de Almeida et al., 2024; de Barros Iscuissati et al., 2024; Filho et al., 2018; Guarda et al., 2019; Guillén-López et al., 2024; Holguin et al., 2020; Ramos et al., 2024; Reiz & Leite, 2022; Sampaio et al., 2020)
Planificación	(M. S. da Cruz et al., 2024; de Barros Iscuissati et al., 2024; Guzmán-Henao et al., 2024; R. D. la Cruz et al., 2024; López et al., 2025; Maia et al., 2024; Montoya et al., 2021; G. X. A. Pinto et al., 2024; R. S. Pinto et al., 2019; Santos et al., 2024)
Capacidad de alojamiento	(de Oliveira et al., 2019; R. D. la Cruz et al., 2024; López et al., 2025; Maia et al., 2024; Mattos et al., 2024; Santos et al., 2024; Silva et al., 2024)
Calidad de energía	(Cáceres et al., 2017; Cunha Clark Leite et al., 2018; Filho et al., 2018; Giacosa et al., 2016; Mattos et al., 2024; Ramos et al., 2024; Vieira et al., 2020)
Estabilidad	(de Barros Iscuissati et al., 2024; Madruga et al., 2018; Mourinho & Assis, 2023; Ramos et al., 2024; Remon et al., 2017)
Ubicación y dimensionamiento	(Henrique et al., 2023; R. D. la Cruz et al., 2024; Saldanha et al., 2024; Santos et al., 2024)
Regulaciones	(de Souza Almeida Neto et al., 2023; Stecanella et al., 2020, 2022)
Confiabilidad	(Meneses & Mantovani, 2013; Montoya et al., 2021; R. S. Pinto et al., 2019),
Cortocircuitos	(de Almeida et al., 2024; Guardiola et al., 2019)
Mercado Eléctrico	(Cebrian et al., 2024; Souza Machado et al., 2016)
Método de simplificación	(Mendes et al., 2023)

Cabe destacar que los artículos no se limitan a una única temática. Un 58.49% aborda más de dos enfoques simultáneamente, y un 16.98% desarrolla hasta tres tipos de estudio en un mismo trabajo. Esta combinación es, en muchos casos, necesaria; por ejemplo, estudios sobre regulación, ubicación y dimensionamiento o planificación requieren del análisis de flujos de potencia como base metodológica. Asimismo, hay trabajos que integran líneas comúnmente tratadas por separado: por ejemplo, (Azeredo et al., 2023; Filho et al., 2018) analizan protecciones junto con calidad de energía, mientras que (Montoya et al., 2021; R. S. Pinto et al., 2019) combinan planificación de la RD con estudios de confiabilidad.

Existe una clara relación entre las investigaciones y la elección de herramientas de simulación. La Tabla 7 resume los estudios más relevantes, los programas utilizados y sus capacidades, sirviendo como guía para futuras investigaciones.

Tabla 7*Estudios y recursos implementados para evaluar el impacto de la GD en las redes de distribución*

RECURSOS	ESTUDIOS	ARTÍCULOS
SAM y GIS	Evaluación técnica, modelado fotovoltaico, ubicación geográfica.	(de Souza Almeida Neto et al., 2023; Zambrano-Asanza et al., 2019)
DIgSILENT	Flujos de potencia y estabilidad.	(Guarda et al., 2019; Knak Neto et al., 2019; R. D. la Cruz et al., 2024; Madruga et al., 2018; Remon et al., 2017)

RECURSOS	ESTUDIOS	ARTÍCULOS
Analizador de Calidad de Energía	THD de voltaje y corriente.	(Cáceres et al., 2017; Cunha Clark Leite et al., 2018; de Oliveira et al., 2019; Giacosa et al., 2016; G. X. A. Pinto et al., 2024; Vieira et al., 2020)
Matlab Script y Simulink	Flujos de potencia, optimización y control.	(Guarda et al., 2019; Gurski et al., 2019; Guzmán-Henao et al., 2024; R. D. la Cruz et al., 2024; Mendes et al., 2023; Meneses & Mantovani, 2013; R. S. Pinto et al., 2019; Vera et al., 2014)
OpenDSS	Flujos de potencia, cortocircuitos, protecciones, calidad.	(Abud et al., 2022; Aucapiña et al., 2017; Azeredo et al., 2023; Cebrian et al., 2024; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Henrique et al., 2023; Holguin et al., 2020; Leite et al., 2021; Montoya et al., 2021; Mota Martins et al., 2024; Saldanha et al., 2024; Souza Machado et al., 2016; Stecanella et al., 2020, 2022; Torres et al., 2019; Zambrano-Asanza et al., 2019)
Homer	Dimensionamiento económico de la GD y simulación horaria anual	(M. S. da Cruz et al., 2024; Santos et al., 2024)
Banco de Prueba	Cortocircuitos y protecciones.	(de Almeida et al., 2024; Maia et al., 2024; Sampaio et al., 2020)
Optimizador	Flujos de potencia, planificación y confiabilidad.	(Knak Neto et al., 2019; Meneses & Mantovani, 2013)
Neplan y ATP	Flujos de potencia, cortocircuitos, calidad, estabilidad.	(de Barros Iscuissati et al., 2024; Filho et al., 2018; Holguin et al., 2020)
CYME y Cymdist	Flujos de potencia y protecciones.	(Guillén-López et al., 2024; Serrano Guerrero et al., 2022)
Otros (Interplan, Organon, PSS/E, Pscad/EMTDC, AMPL, CPLEX, GAMS, etc)	Flujos de potencia, capacidad, optimización y calidad.	(de A. Olivieri et al., 2014; R. D. la Cruz et al., 2024; López et al., 2025; Mattos et al., 2024; Mourinho & Assis, 2023; Silva et al., 2024)

Análisis de parámetros evaluados por estudio

En referencia con los parámetros técnicos abordados, la revisión de literatura revela que su elección depende del objetivo y alcance de cada estudio. La Figura 6 muestra su frecuencia de aparición, asociada al tipo de análisis realizado. Cabe señalar que un mismo parámetro puede intervenir en distintos estudios, por lo que los porcentajes reflejan su recurrencia total.

Los estudios de flujos de potencia y relacionados concentran la mayor atención, evidenciando su relevancia técnica. El nivel de voltaje es el parámetro más frecuente (70.37%), seguido por pérdidas eléctricas (51.85%) y perfil de demanda (33.33%). Su alta presencia responde a su vínculo directo con la estabilidad operacional y eficiencia operativa de redes, especialmente radiales. Investigaciones como las de (Guillén-López et al., 2024; R. D. la Cruz et al., 2024) muestran que la GD puede mejorar perfiles de voltaje y reducir pérdidas, mientras que otros trabajos, como los de (Mota Martins et al., 2024; Santos et al., 2024), advierten que una configuración inadecuada puede provocar efectos contrarios.

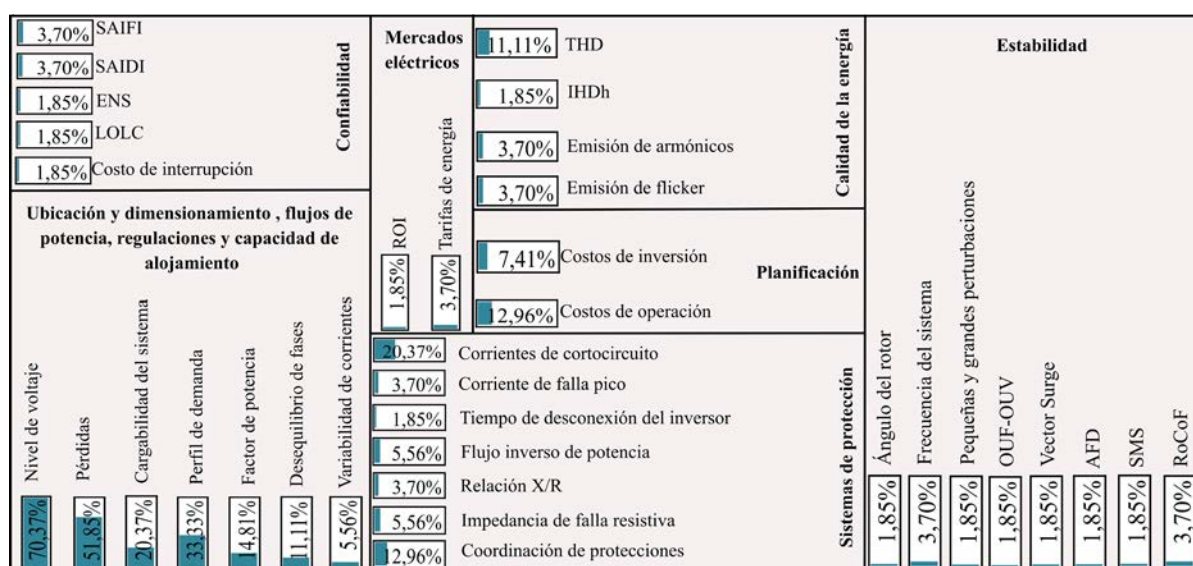
En estudios de confiabilidad, parámetros como SAIFI (índice de frecuencia media de interrupciones por usuario) y SAIDI (índice de duración media de interrupciones por usuario) aparecen en solo un 3.70% de los casos, y ENS (energía no suministrada), LOLC (probabilidad de pérdida de carga) o costos de interrupción en apenas 1.85%. Esta baja frecuencia refleja la preferencia por análisis operativos inmediatos, dada la complejidad y los requerimientos de datos de los enfoques probabilísticos. No obstante, con el crecimiento de la GD, se prevé un mayor protagonismo de estos indicadores para garantizar continuidad de servicio.

En cuanto a los aspectos económicos y de mercado, parámetros como el retorno de inversión (ROI) y las tarifas de energía aparecen en solo un 1.85% y 3.70% de los estudios. Según (Cebrian et al., 2024; Souza Machado et al., 2016), la incorporación de GD modifica

los flujos de potencia, lo que obliga a las distribuidoras a ajustar sus estructuras tarifarias. Por ello, es clave que futuras investigaciones incorporen estas métricas para desarrollar modelos sostenibles y esquemas de remuneración adecuados.

Respecto a calidad de energía, se abordan parámetros como la distorsión armónica total (THD) (11.11%), la distorsión armónica de corriente (IHDh) (1.85%), así como emisiones armónicas y flicker (3.70%). Dichos parámetros aparecen en estudios que analizan el efecto de convertidores electrónicos, típicos en sistemas GFV. En relación con lo descrito, (Giacosa et al., 2016; Mourinho & Assis, 2023) muestran que, sin un control adecuado, estos dispositivos degradan la forma de onda, comprometiendo la compatibilidad electromagnética y la calidad del suministro. Aunque aún poco tratados, estos temas representan un campo emergente clave en contextos de alta penetración renovable.

Figura 6
Parámetros técnicos evaluados en la literatura



Uno de los enfoques con presencia intermedia corresponde a los estudios de planificación, donde se evalúan principalmente los costos de inversión (7.41%) y operación (12.96%), reflejando el interés por la viabilidad económica de proyectos con GD, especialmente en etapas tempranas. Su estimación es clave para políticas públicas y proyectos piloto escalables. En este trabajo, se clasifican en planificación y en ubicación y dimensionamiento; aunque se hallan estrechamente vinculados, la separación obedece a investigaciones que profundizan en aspectos técnicos concretos de la GD.

En los estudios de protección, área crítica del análisis GD-RD, las redes fueron diseñadas para flujos unidireccionales y operación centralizada, por lo que la GD introduce desafíos. Destacan las corrientes de cortocircuito (20.37%) y la coordinación de protecciones (12.96%), ya que niveles de falla elevados pueden descoordinar o insensibilizar dispositivos. También se analizan la impedancia de falla resistiva (5.56%) y el tiempo de desconexión del inversor (1.85%), así como el flujo inverso de potencia (5.56%) y la variación de la relación X/R (3.70%), que obligan a revisar los criterios técnicos por su impacto en la lógica de actuación.

Con el avance de la GD basada en inversores, resulta indispensable incorporar métodos anti-isla. Destacan RoCoF (Rate of Change of Frequency), que detecta islas por cambios rápidos de frecuencia; el análisis armónico, que identifica distorsiones; OUF/OUV, que actúan ante

desviaciones de voltaje o frecuencia; Vector Surge, que detecta variaciones en el ángulo de fase; y métodos activos como AFD (Active Frequency Drift) y SMS (Slip Mode Shift), que introducen perturbaciones para forzar la desconexión. La escasa presencia de estos mecanismos en la literatura evidencia la necesidad de actualizar los criterios de estabilidad e integrarlos como variables críticas en sistemas de protección ante la creciente penetración de GD.

Impacto por nivel de la red de distribución

Uno de los análisis relevantes en la determinación de los impactos de la combinación GD-RD es el nivel en que este se estudia. En este artículo nos referimos como nivel a los elementos que componen los subsistemas de MV y BV. En este contexto, la Tabla 8, muestra un resumen de los estudios que abarcan cada nivel de la RD y sus combinaciones. El lector podrá notar que la SP y los TD son aquellos elementos que delimitan físicamente los distintos niveles considerados en el análisis.

Tabla 8
Listado de artículos que combinan los diferentes niveles de las RD

COMBINACIÓN	ARTÍCULOS
BV	(Abud et al., 2022; Buzo et al., 2021; M. S. da Cruz et al., 2024; de A. Olivieri et al., 2014; Knak Neto et al., 2019; Leite et al., 2021; Mendes et al., 2023; Parada Contzen, 2024; G. X. A. Pinto et al., 2024; Stecanella et al., 2022; Zambrano-Asanza et al., 2019)
BV+TD	(Aucapiña et al., 2017; Cáceres et al., 2017; Cunha Clark Leite et al., 2018; de Oliveira et al., 2019; de Souza Almeida Neto et al., 2023; Guzmán-Henao et al., 2024; Souza Machado et al., 2016; Torres et al., 2019; Vera et al., 2014; Vieira et al., 2020)
MV	(Cebrian et al., 2024; de Barros Iscuissati et al., 2024; Filho et al., 2018; Giacosa et al., 2016; Guarda et al., 2019; Guardiola et al., 2019; Gurski et al., 2019; Henrique et al., 2023; Holguín et al., 2020; Madruga et al., 2018; Maia et al., 2024; Meneses & Mantovani, 2013; R. S. Pinto et al., 2019; Ramos et al., 2024; Reiz & Leite, 2022; Saldanha et al., 2024; Sampaio et al., 2020; Serrano Guerrero et al., 2022; Stecanella et al., 2020)
MV+BV	(Azeredo et al., 2023; de Almeida et al., 2024; Stecanella et al., 2020)
MV+TD	(Guillén-López et al., 2024; Montoya et al., 2021; Santos et al., 2024)
MV+SP	(López et al., 2025; Mota Martins et al., 2024)
SP	(Mourinho & Assis, 2023; Remon et al., 2017)

En cuanto al modelamiento de las RD por nivel, la revisión indica que, salvo que se modele todo el sistema, el análisis en MV considera la SP como nodo fuente y las cargas como SS, mientras que en BV la SS actúa como nodo fuente y la demanda corresponde a los consumidores finales.

Discusión de resultados

La pertinencia del presente estudio se sustenta en una revisión sistemática delimitada al contexto sudamericano y en la selección de trabajos que modelan explícitamente la red de distribución (RD), y aunque el conjunto de estudios analizados es acotado, se trata de un tema que responde a los filtros y criterios de selección aplicados, permitiendo aportar una síntesis regional y temática específica sobre la integración de la GD en las RD. La revisión evidencia un incremento sostenido de publicaciones sobre GD-RD en Sudamérica, interrumpido solo en 2021, presumiblemente por la pandemia y reactivado después. Brasil domina más del 70% de la producción, mientras el resto de los países presenta actividad limitada. En cuanto a tecnologías, la fotovoltaica concentra el 79.25% de los estudios gracias a la abundancia de recursos y a su madurez técnica en la región; por otro lado, la tecnología eólica, pese a su desarrollo industrial, recibe menor atención debido a restricciones de recurso, precios y geografía.

Las redes reales sustentan el 72.72% de las investigaciones, lo que refleja una estrecha colaboración academia-industria; cuando estos datos no están disponibles, se recurre a modelos sintéticos. Entre las herramientas de análisis destaca OpenDSS, seguido por software propietario como Matlab, DIgSILENT PowerFactory y PSS/E, así como por equipos de medición de campo que añaden realismo. Persiste, no obstante, una carencia de estudios con componente geoespacial, vital para ubicar la GD según las condiciones locales.

En el plano temático, la literatura prioriza flujos de potencia y protecciones, mientras aborda con menor frecuencia estabilidad, confiabilidad, planificación y mercados eléctricos, áreas críticas ante la creciente penetración de GD. Los resultados subrayan la importancia de un dimensionamiento adecuado: la GD moderada mejora perfiles de voltaje y reduce pérdidas; en exceso, genera sobretensiones, mala calidad de energía y riesgo de inestabilidad, lo que exige esquemas de protección capaces de gestionar flujos inversos y evitar sobrecargas.

En síntesis, la GD ya forma parte de la estrategia del sector eléctrico sudamericano; su éxito dependerá de la posibilidad de dimensionarla con rigor técnico, integrar análisis económicos, regulatorios y geoespaciales, y desarrollar redes resilientes que aseguren calidad y continuidad de servicio bajo cualquier nivel de penetración.

Conclusiones

La integración GD-RD crece notablemente en Sudamérica, impulsada por la convergencia de intereses públicos, privados y académicos, como refleja el incremento de estudios con datos de redes reales. Dentro de este panorama, la GFV domina (79.25%) debido a la abundancia de recursos solares y a su madurez tecnológica. No obstante, persisten fuertes disparidades nacionales; en particular, Brasil concentra el 71.70% de los casos analizados. Además, la literatura presta escasa atención a la confiabilidad, la estabilidad y la integración geoespacial, lo que evidencia la necesidad de investigaciones que combinen criterios técnicos, económicos, regulatorios y espaciales. De este modo, el reto consistirá en conformar redes resilientes y confiables que garanticen la continuidad del suministro ante perturbaciones y admitan cualquier nivel de penetración de GD.

Reconocimientos y Declaraciones

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento al Laboratorio de Micro-Red de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca por el valioso apoyo proporcionado durante el desarrollo de este estudio. Asimismo, los autores declaran que la contribución y participación en los roles de autoría para esta publicación se realizó de manera equitativa.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, se ha utilizado una herramienta de IA, específicamente ChatGPT (GPT-5.4 Thinking), únicamente como apoyo para la revisión de redacción, estilo y corrección gramatical del manuscrito. Su uso no involucró la generación de ideas, resultados, análisis, interpretaciones ni conclusiones científicas. Los criterios académicos, el enfoque metodológico, la selección y discusión de la literatura, así como el contenido intelectual del artículo, son originales y de exclusiva responsabilidad de los autores.

Referencias

- Abud, T. P., Cataldo, E., Maciel, R. S., & Borba, B. S. M. C. (2022). A modified Bass model to calculate PVDG hosting capacity in LV networks. *Electric Power Systems Research*, 209, 107966. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.107966>
- Aucapiña, P., Torres, S., Vitorino, R., Vide, P., & Zambrano, S. (2017). Impact of distributed generation and energy storage systems on electrical power distribution systems. *Maskana*, 8, 273–280.
- Azeredo, L. F. S., Yahyaoui, I., Fiorotti, R., Fardin, J. F., Garcia-Pereira, H., & Rocha, H. R. O. (2023). Study of reducing losses, short-circuit currents and harmonics by allocation of distributed generation, capacitor banks and fault current limiters in distribution grids. *Applied Energy*, 350, 121760. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121760>
- Barreto-cuesta, A., Herrera-perez, V., & Djokic, S. Z. (2024). Transition to a 100 % renewable power supply in galapagos islands : Long-term and short-term analysis for optimal operation and sizing of grid upgrades. *Renewable Energy*, 234(March), 121207. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.121207>
- Buzo, R. F., Barradas, H. M., & Leão, F. B. (2021). Fault Current of PV Inverters Under Grid-Connected Operation: A Review. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 32(4), 1053 – 1062. <https://doi.org/10.1007/s40313-021-00729-6>
- Caballero-Peña, J., Cadena-Zarate, C., Parrado-Duque, A., & Osma-Pinto, G. (2022). Distributed energy resources on distribution networks: A systematic review of modelling, simulation, metrics, and impacts. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 138, 107900. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107900>
- Cáceres, M., Busso, A., Vera, L., & Firman, A. (2017). First grid--tied photovoltaic system in Northern Argentina: characterization and analysis. *DYNA Energía y Sostenibilidad*, 6(1), 13.
- Cebrian, J. C., Giacomini, J., Rossi, A. L. D., Trindade, F. C. L., & Paredes, H. K. M. (2024). Methodology to Estimate the Financial Impacts of the Integration of PV Generators in Distribution Systems on Voltage Sags and Energy Losses. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 39(2), 1233–1246. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2024.3358999>
- Chabla-Auqui, L., Ochoa-Correa, D., Villa-Ávila, E., & Astudillo-Salinas, P. (2023). Distributed Generation Applied to Residential Self-Supply in South America in the Decade 2013–2023: A Literature Review. *Energies*, 16(17). <https://doi.org/10.3390/en16176207>
- Cunha Clark Leite, M., Alisson Martins Vieira, F., Bravo Silva, V., Zamboti Fortes, M., & Henrique Nogueira Dias, D. (2018). Harmonic Analysis of a Photovoltaic Systems Connected to Low Voltage Grid. *IEEE Latin America Transactions*, 16(1), 112 – 117. <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8291462>
- da Cruz, M. S., Darui, C. B. F., Abaide, A. da R., Knak Neto, N., da Silva, L. N. F., & dos Santos, L. L. C. (2024). Planning and Analysis of Microgrids for Fast Charging Stations Considering Net Zero Energy Building Indexes. *Energies*, 17(24). <https://doi.org/10.3390/en17246488>
- de A. Olivieri, M. M., Rocha, M. S., de Castro, M. R. V., de Souza, S. M., Klaus, W., Medeiros, J. C., Visconti, I. F., Galdino, M. A. E., de P. Borges, E. L., da Silva, I. W. F., Lima, A. A. N., de Carvalho, C. M., Soares, Y. M. S., & Vieira, J. J. (2014). Distributed Generation in the Smart Grid – Case Study of Parintins. *Energy Procedia*, 57, 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.024>
- de Almeida, L. R., da Costa Lima, R. N., & Macedo Junior, J. R. (2024). Analysis of fault current contributions from small-scale single-phase photovoltaic inverters and their impacts on the protection of electric power distribution systems. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 18(7), 1343 – 1359. <https://doi.org/10.1049/gtd2.13127>
- de Barros Iscuissati, R., Motter, D., & M. Vieira, J. C. (2024). Probabilistic method for risk analysis of unintentional islanding of distributed generators. *Electric Power Systems Research*, 234, 110594. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110594>
- de Oliveira, T. E. C., Bollen, M., Ribeiro, P. F., de Carvalho, P. M. S., Zambroni, A. C., & Bonatto, B. D. (2019). The concept of dynamic hosting capacity for distributed energy resources: Analytics and practical considerations. *Energies*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/en12132576>

- de Souza Almeida Neto, J. C., Torres, P. F., Manito, A. R. A., Pinho, J. T., & Zilles, R. (2023). A comparison study of grid impact of photovoltaic installations in Brazil according to Normative Resolution 482 and Federal law 14.300. *Energy Policy*, 181, 113699. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113699>
- Filho, A. J. T. S., Camargo, A. O., & Domingues, E. G. (2018). Influence of fault impedance on voltage quality in radial distribution systems with distributed synchronous generator: A sensitivity analysis. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 1(16), 152 – 157. <https://doi.org/10.24084/repqj16.246>
- Giacosa, D., Bentancur, D., Lussich, I., Abal, G., Valevici, L., & Pardo, A. (2016). Power quality analysis for a PV plant in Uruguay. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 1(14), 708 – 713. <https://doi.org/10.24084/repqj14.436>
- Guarda, F. G. K., Cardoso, G., Bezerra, U. H., & Vieira, J. P. A. (2019). Minimising direct-coupled distributed synchronous generators impact on electric power systems protection. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 13(18), 4190 – 4196. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2018.6757>
- Guardiola, J. M., Gómez-Luna, E., Marlés-Sáenz, E., & de la Cruz, J. (2019). The why of adaptive protections in modern electrical networks; [El porqué de las protecciones adaptativas en las redes eléctricas modernas]. *Ingeniería e Investigación*, 39(2), 58 – 68. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v39n2.74786>
- Guillén-López, D., Serrano-Guerrero, X., Barragán-Escandón, A., & Clairand, J.-M. (2024). Transient and Steady-State Evaluation of Distributed Generation in Medium-Voltage Distribution Networks. *Energies*, 17(22). <https://doi.org/10.3390/en17225783>
- Gurski, E., Moraes, F. A., Fritzen, P. C., & de Souza Benedito, R. A. (2019). A computational framework for daily power flow analysis considering photovoltaic distributed generation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 62(specialissue). <https://doi.org/10.1590/1678-4324-SMART-2019190008>
- Guzmán-Henao, J. A., Cortés-Cacedo, B., Restrepo-Cuestas, B. J., Bolaños, R. I., & Grisales-Noreña, L. F. (2024). Optimal integration of photovoltaic generators into urban and rural power distribution systems. *Solar Energy*, 270, 112400. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2024.112400>
- Henrique, L. F., Silva, W. N., Silva, C. C. A., Dias, B. H., Oliveira, L. W., & de Almeida, M. C. (2023). Optimal siting and sizing of distributed energy resources in a Smart Campus. *Electric Power Systems Research*, 217, 109095. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.109095>
- Holguin, J. P., Rodriguez, D. C., & Ramos, G. (2020). Reverse Power Flow (RPF) Detection and Impact on Protection Coordination of Distribution Systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(3), 2393–2401. <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.2969640>
- Knak Neto, N., Abaide, A., Miranda, V., Vilaça, P., Carvalho, L., Sumaili, J., & Bernardon, D. (2019). Load modeling of active low voltage consumers and comparative analysis of their impact on distribution system expansion planning. *International Transactions on Electrical Energy Systems*. <https://doi.org/10.1002/2050-7038.12038>
- la Cruz, R. D., Tipán, L. F., & Cuji, C. C. (2024). Brief Analysis of the Location and Determination of Maximum Capacity of Distributed Generation in Electrical Systems Considering Demand Scenarios in Ecuador. *Energies*, 17(10). <https://doi.org/10.3390/en17102308>
- Leite, R., Souza, J., Asada, E., & Oleskovicz, M. (2021). The behaviour of a low voltage distribution network with crescent presence of photovoltaic generation and energy storage elements. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 19, 423–428. <https://doi.org/10.24084/repqj19.309>
- López, L., López, I., Gomez-Cornejo, J., Aranzabal, I., & Eguia, P. (2025). Analysis of impact for PV-BES strategies in low-voltage distribution system. *Electrical Engineering*, 107(2), 2147 – 2162. <https://doi.org/10.1007/s00202-024-02620-4>
- Madruga, E. P., Bernardon, D. P., Vieira, R. P., & Pfitscher, L. L. (2018). Analysis of transient stability in distribution systems with distributed generation. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 99, 555–565. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.01.039>

- Maia, G. L., Santos, C. C. L., Nunes, P. R. M., Castro, J. F. C., Marques, D. C., Medeiros, L. H. A. De, Limongi, L. R., Brito, M. E. C., Dantas, N. K. L., Filho, A. V. M. L., Fernandes, A. L., Chai, J., & Zhang, C. (2024). EV Smart-Charging Strategy for Power Management in Distribution Grid with High Penetration of Distributed Generation. *Energies*, 17(21). <https://doi.org/10.3390/en17215394>
- Mateo, C., Postigo, F., de Cuadra, F., Roman, T. G. S., Elgindy, T., Dueñas, P., Hodge, B.-M., Krishnan, V., & Palmintier, B. (2020). Building Large-Scale U.S. Synthetic Electric Distribution System Models. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 11(6), 5301–5313. <https://doi.org/10.1109/TSG.2020.3001495>
- Mattos, M. M., Archetti, J. A. G., Bitencourt, L. de A., Wallberg, A., Castellucci, V., Dias, B. H., & de Oliveira, J. G. (2024). Analysis of voltage control using V2G technology to support low voltage distribution networks. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 18(6), 1133 – 1157. <https://doi.org/10.1049/gtd2.13066>
- Mendes, M. A., Paiva, M. H. M., & Batista, O. E. (2023). Signal processing on graphs for estimating load current variability in feeders with high integration of distributed generation. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 34, 101032. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101032>
- Meneses, C. A. P., & Mantovani, J. R. S. (2013). Improving the grid operation and reliability cost of distribution systems with dispersed generation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(3), 2485 – 2496. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2235863>
- Montoya, C. A. G., López-Lezama, J. M., & Román, T. G. S. (2021). Estimación del costo de distribución de la energía eléctrica en Colombia considerando generación distribuida fotovoltaica. *Información Tecnológica*, 32(1), 79–88. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100079>
- Mota Martins, R., Machado Alves, Z., Marchesan, G., & Cardoso Junior, G. (2024). Reactive compensation in distribution systems and volt/var control analysis: Mutual performance of inverters and curve slope effects. *Electric Power Systems Research*, 236, 110848. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110848>
- Mourinho, F. A., & Assis, T. M. L. (2023). Impact of Cascade Disconnection of Distributed Energy Resources on Bulk Power System Stability: Modeling and Mitigation Requirements. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 11(2), 412 – 420. <https://doi.org/10.35833/MPCE.2022.000365>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Palmintier, B., Elgindy, T., Mateo, C., Postigo, F., Gómez, T., de Cuadra, F., & Martinez, P. D. (2021). Experiences developing large-scale synthetic U.S.-style distribution test systems. *Electric Power Systems Research*, 190, 106665. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106665>
- Parada Contzen, M. (2024). Medium voltage level power control using distributed photo-voltaic generation and hydrogen storage. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.109858>
- Pinto, G. X. A., Naspolini, H. F., & Rüther, R. (2024). The role and benefits of storage systems in distributed solar PV generation on public buildings in Brazil. *Energy for Sustainable Development*, 81, 101495. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101495>
- Pinto, R. S., Unsuhay-Vila, C., & Fernandes, T. S. P. (2019). Multi-objective and multi-period distribution expansion planning considering reliability, distributed generation and self-healing. *IET Generation, Transmission and Distribution*, 13(2), 219 – 228. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2018.5037>
- Ramos, C. R., Zorzela, G. C., Marchesan, G., Freitas-Gutierrez, L. F., & Cardoso, G. (2024). Impacts of output voltage control on PV generation islanding detection function. *Electric Power Systems Research*, 235, 110897. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110897>
- Reiz, C., & Leite, J. B. (2022). Optimal Coordination of Protection Devices in Distribution Networks With Distributed Energy Resources and Microgrids. *IEEE Access*, 10, 99584 – 99594. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3203713>

- Remon, D., Cañizares, C. A., & Rodriguez, P. (2017). Impact of 100-MW-scale PV plants with synchronous power controllers on power system stability in northern Chile. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 11(11), 2958–2964. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2017.0203>
- Saldanha, J. J. A., Nied, A., Trentini, R., & Kutzner, R. (2024). AI-based optimal allocation of BESS, EV charging station and DG in distribution network for losses reduction and peak load shaving. *Electric Power Systems Research*, 234, 110554. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110554>
- Sampaio, F. C., Leão, R. P. S., Sampaio, R. F., Melo, L. S., & Barroso, G. C. (2020). A multi-agent-based integrated self-healing and adaptive protection system for power distribution systems with distributed generation. *Electric Power Systems Research*, 188, 106525. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106525>
- Santos, L. H. S., Silva, J. A. A., López, J. C., Rider, M. J., & da Silva, L. C. P. (2024). Joint Optimal Sizing and Operation of Unbalanced Three-Phase AC Microgrids Using HOMER Pro and Mixed-Integer Linear Programming. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 35(2), 346 – 360. <https://doi.org/10.1007/s40313-023-01059-5>
- Serrano Guerrero, X., Marín-Toro, B., Ochoa, C., & Barragán-Escandón, A. (2022). Impact of the incorporation of photovoltaics distributed generation in electric distribution grids in Ecuador. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 20, 387–392. <https://doi.org/10.24084/repqj20.319>
- Silva, J. A. A., Camilo López, J., Bañol Arias, N., Zenichi Terada, L., & Rider, M. J. (2024). Tri-Level Adaptive Robust Optimization for the Optimal Charging Coordination of EVs Considering Grid Impact. *IEEE Access*, 12, 169755–169767. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3498600>
- Souza Machado, I., Soares Moreira Cesar Borba, B., & Silva Maciel, R. (2016). Modeling Distributed PV Market and its Impacts on Distribution System: A Brazilian Case Study. *IEEE Latin America Transactions*, 14(11), 4520 – 4526. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7795823>
- Stecanella, P. A. J., Camargos, R. S. C., Vieira, D., Domingues, E. G., & de L. Ferreira Filho, A. (2022). A methodology for determining the incentive policy for photovoltaic distributed generation that leverages its technical benefits in the distribution system. *Renewable Energy*, 199, 474–485. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.002>
- Stecanella, P. A. J., Vieira, D., Vasconcelos, M. V. L., & Ferreira Filho, A. D. L. (2020). Statistical Analysis of Photovoltaic Distributed Generation Penetration Impacts on a Utility Containing Hundreds of Feeders. *IEEE Access*, 8, 175009–175019. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3024115>
- Torres, I. C., Negreiros, G. F., & Tiba, C. (2019). Theoretical and experimental study to determine voltage violation, reverse electric current and losses in prosumers connected to low-voltage power grid. *Energies*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/en12234568>
- Trageser, M., Pape, M., Frings, K., Erlinghagen, P., Kurth, M., Vertge wall, C. M., Monti, A., & Busse, T. (2022). Automated routing of feeders in electrical distribution grids. *Electric Power Systems Research*, 211, 108217. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108217>
- Vera, L. H., Cáceres, M., & Busso, A. (2014). Grid Connected Photovoltaic Systems to the Urban Environment of Argentinian Northeast. *Energy Procedia*, 57, 3171–3180. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.066>
- Vieira, R., Guerra, M. I., & Bandeira, S. (2020). Analysis of the Power Quality of a Grid-Connected Photovoltaic System. *IEEE Latin America Transactions*, 18(4), 714 – 721. <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9082214>
- Villa-Ávila, E., Arévalo, P., Aguado, R., Ochoa-Correa, D., Iñiguez-Morán, V., Jurado, F., & Tostado-Véliz, M. (2023). Enhancing Energy Power Quality in Low-Voltage Networks Integrating Renewable Energy Generation: A Case Study in a Microgrid Laboratory. *Energies*, 16. <https://doi.org/10.3390/en16145386>
- Zambrano-Asanza, S., Zalamea-León, E. F., Barragán-Escandón, E. A., & Parra-González, A. (2019). Urban photovoltaic potential estimation based on architectural conditions, production-demand matching, storage and the incorporation of new eco-efficient loads. *Renewable Energy*, 142, 224–238. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.105>

Propuesta de modelo Scrum para la Dirección de TICs en la Universidad Técnica de Manabí

Proposal of a Scrum Model for the ICT Directorate at the Universidad Técnica de Manabí

Andrés Enrique Azúa Arteaga¹ <https://orcid.org/0009-0007-1700-2140>, Gabriel Eduardo Morejón López¹ <https://orcid.org/0000-0001-8902-4583>, Erick Joel Zherdmant Cevallos¹ <https://orcid.org/0009-0001-0192-1923>

¹Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador
aazua4994@utm.edu.ec, gabriel.morejon@utm.edu.ec,
erick.zherdmant@utm.edu.ec



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

Enviado: 2025/09/30

Aceptado: 2026/03/17

Publicado: 2026/06/15

Resumen

En el contexto de transformación digital que atraviesan las instituciones de educación superior, las metodologías ágiles ofrecen alternativas para mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos tecnológicos. Este estudio tuvo como objetivo explorar la viabilidad de implementar el marco Scrum en la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) de la Universidad Técnica de Manabí, a partir del análisis de percepciones, barreras y oportunidades, con el fin de orientar el diseño de una propuesta inicial de implementación adaptada a su realidad organizativa. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, mediante encuestas aplicadas a personal técnico-administrativo y entrevistas a funcionarios estratégicos del departamento. Los resultados evidenciaron una alta disposición del equipo a adoptar nuevas prácticas, junto con condiciones técnicas e institucionales que permiten iniciar un proceso de cambio metodológico. A partir del diagnóstico realizado, se plantea una propuesta inicial que adapta los roles, artefactos y eventos de Scrum al entorno de la Dirección TIC, contemplando un piloto de implementación progresiva y capacitaciones iniciales para superar brechas de conocimiento. La propuesta destaca por su pertinencia y factibilidad, al integrar herramientas de gestión ágil con enfoque contextualizado, orientado a fortalecer la planificación, ejecución y seguimiento de los proyectos tecnológicos en la UTM.

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

Como citar: Azúa, A., Morejón, G. & Zherdmant, E. (2026). Propuesta de modelo Scrum para la Dirección de TICs en la Universidad Técnica de Manabí. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 47-68.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1392>

Palabras clave: metodologías ágiles, Scrum, gestión de proyectos, tecnologías de la información, educación superior, innovación organizacional.

Abstract

In the context of the digital transformation affecting higher education institutions, agile methodologies offer alternatives to improve efficiency in the management of technological projects. This study aimed to explore the feasibility of implementing the Scrum framework within the Information and Communication Technologies (ICT) Directorate at the Universidad Técnica de Manabí, based on an analysis of perceptions, barriers, and opportunities, in order to guide the design of an initial implementation proposal adapted to its organizational context. The research was conducted using a mixed-methods approach, through surveys administered to technical and administrative staff and interviews with key officials from the Directorate. The findings show a strong willingness among team members to adopt new practices, along with technical and institutional conditions that enable the initiation of a methodological change process. Based on the diagnosis, an initial proposal is presented that adapts Scrum roles, artifacts, and events to the ICT Directorate's context, including a progressive pilot implementation and initial training activities to address knowledge gaps. The proposal stands out for its relevance and feasibility, as it integrates agile management tools within a contextualized approach, aimed at strengthening the planning, execution, and monitoring of technological projects at UTM.

Keywords: agile methodologies, Scrum, project management, information technologies, higher education, organizational innovation.

Introducción

La transformación digital ha modificado la forma en que las organizaciones gestionan sus procesos, generando la necesidad de adoptar métodos de trabajo más flexibles y adaptables a entornos cambiantes. Dentro de este escenario, las metodologías ágiles, y en particular Scrum, se han consolidado como referentes esenciales para la dirección de proyectos en sectores donde la innovación y la velocidad de respuesta resultan determinantes. De acuerdo con el *14th Annual State of Agile Report*, Scrum es utilizado por más del 75% de los equipos que implementan prácticas ágiles, reflejando su fuerte predominio en la industria tecnológica (VersionOne, 2020). Esta consolidación, sin embargo, no ha sido homogénea en todos los sectores.

Mientras las empresas de base tecnológica han logrado integrar la filosofía ágil en sus estructuras operativas, en sectores como el educativo, y especialmente en las universidades públicas, persisten desafíos estructurales que dificultan la adopción plena de estos marcos de trabajo. La rigidez de las jerarquías, la resistencia cultural al cambio, la multiplicidad de objetivos institucionales y la falta de experiencia previa en gestión ágil han configurado un entorno poco propicio para su implementación (Neumann y Baumann, 2021; Behutiye et al., 2024).

Varios estudios coinciden en destacar que, aunque Scrum posee un enorme potencial para mejorar la comunicación, la productividad y la eficiencia en la gestión de proyectos, su adopción en universidades no puede plantearse como una simple transferencia de prácticas empresariales. Más bien, requiere un ejercicio consciente de adaptación a las dinámicas culturales, administrativas y pedagógicas propias de cada institución (Abrar et al., 2019). Esta necesidad de ajuste ha sido manifestada por Almeida y Espinheira (2022), quienes advierten que el éxito de metodologías ágiles a gran escala depende, en buena medida, de su articulación con principios de liderazgo participativo, gestión del cambio y fomento de valores colaborativos.

En la práctica, la experiencia de implementar Scrum en universidades ha evidenciado obstáculos persistentes. Setiawan y Sujono (2021), al estudiar su adopción en instituciones de educación superior en Indonesia, señalaron que, pese a las mejoras iniciales, la falta de una transformación cultural profunda terminó limitando los resultados esperados. Asimismo, identificaron que, para lograr una adopción sostenible de Scrum, era imprescindible trabajar no solo en procesos y herramientas, sino también en las estructuras de poder y en las mentalidades organizativas, aspectos que tradicionalmente han permanecido inalterados en el sector educativo.

El sector público, estrechamente vinculado al funcionamiento de las universidades públicas, enfrenta retos similares. Autores han explorado la adopción de metodologías ágiles en proyectos de TI en el sector defensa británico y concluyeron que las tensiones entre las lógicas burocráticas tradicionales y los principios de agilidad constituían una barrera significativa (Baxter et al., 2023). La falta de alineación entre los mecanismos tradicionales de financiamiento, control y evaluación de proyectos y las prácticas ágiles generó conflictos que, en muchos casos, terminaron frenando las transformaciones propuestas.

Estas tensiones no son ajenas a la realidad latinoamericana. Aunque la adopción de metodologías ágiles ha crecido a nivel global, en América Latina el avance ha sido más lento y lleno de contradicciones. Si bien algunas universidades muestran interés en cambiar, muchas siguen aferradas a esquemas jerárquicos y formas tradicionales de enseñanza. Investigaciones han mostrado que aplicar prácticas centradas en el estudiante, como los mapas de impacto, mejora la percepción del aprendizaje en una universidad peruana (Vilchez-Sandoval et al., 2020). Sin embargo, también evidencian que la resistencia docente y la falta de apoyo institucional siguen siendo barreras difíciles de superar.

En Ecuador la situación es parecida. Aunque hay esfuerzos por implementar enfoques ágiles, sobre todo en empresas y carreras tecnológicas, estos aún son parciales. Un estudio reciente en la Región 7 señaló que Scrum es la metodología más usada, pero también que su uso suele ser superficial, sin verdadera capacitación ni ajustes reales (Armijos Ortega et al., 2024). El estudio concluye que el cambio solo será sostenible si se trabaja desde la mentalidad, el liderazgo y la estructura organizativa, elementos que también son urgentes en las universidades.

Algunos estudios más amplios en la región han mostrado que implementar Scrum no se trata solo de aplicar herramientas, sino de generar una transformación cultural. En entornos colaborativos, el reto principal ha sido crear espacios donde exista confianza, apertura y comunicación real (Ciupe et al., 2018; Piedrahita et al., 2023).

Las investigaciones consultadas muestran que es posible avanzar, pero solo si se parte de un diagnóstico claro de las dinámicas internas, de la cultura que predomina y del nivel de compromiso del equipo. Desde ahí, una propuesta metodológica no solo debe incluir herramientas, sino también adaptarse al lenguaje, las necesidades y la estructura de la institución.

Una revisión crítica de la literatura sugiere que, para que Scrum pueda ser adoptado eficazmente en este tipo de entornos, es indispensable diseñar modelos de implementación adaptados a las características específicas de las instituciones (Ciancarini et al., 2024). Como lo destaca Hidalgo (2019), no se trata solo de aplicar herramientas nuevas, sino de repensar los modos de trabajo, la distribución de la autoridad y las dinámicas de colaboración entre los actores. Esta perspectiva exige, por tanto, un enfoque que combine el conocimiento técnico de las metodologías ágiles con una comprensión profunda de los factores organizativos, culturales y humanos que influyen en su adopción.

En síntesis, aunque la evidencia internacional confirma los beneficios potenciales de Scrum en términos de mejora de la eficiencia, la comunicación y la capacidad de respuesta a cambios (Natarajan y Pichai, 2024; Binboga y Altin, 2024), también muestra que su éxito depende de la capacidad de cada organización para adaptar el marco metodológico a sus propias realidades, superando resistencias culturales, fortaleciendo la capacitación de sus equipos y promoviendo una gestión del cambio consciente y participativa.

De acuerdo con todo lo anteriormente planteado, se identificó una serie de insuficiencias teóricas y prácticas que justificaron la formulación del siguiente problema científico: ¿Cómo adaptar el marco metodológico Scrum a las características organizativas y culturales de la Dirección de TICs de la Universidad Técnica de Manabí para optimizar la gestión de proyectos tecnológicos? Para ofrecer tratamiento parcial a esta problemática, se declaró como objetivo general del estudio: Explorar la viabilidad de implementar Scrum en la Dirección de TICs de la Universidad Técnica de Manabí mediante el análisis de percepciones, barreras y oportunidades, con el propósito de orientar el diseño de una propuesta inicial de implementación adaptada al contexto institucional.

Materiales y Métodos

Enfoque, tipo y diseño de Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos para analizar la posibilidad de implementar Scrum en la Dirección de TICs de la Universidad Técnica de Manabí. Esta combinación permitió complementar los datos medibles con información más interpretativa sobre las percepciones y experiencias del equipo, lo que resulta útil cuando se aborda un fenómeno institucional con múltiples dimensiones (Creswell y Plano Clark, 2018). El estudio fue de tipo aplicado, con un alcance descriptivo y exploratorio, pues se orientó a resolver una problemática concreta, a partir del análisis de un contexto que ha sido poco estudiado en el ámbito universitario ecuatoriano (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Además, se utilizó un diseño no experimental de corte transversal, ya que no se manipularon variables, sino que se observó el comportamiento actual en un momento determinado.

Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por 20 colaboradores que integran la Dirección de TICs de la Universidad Técnica de Manabí. Debido al tamaño reducido y bien delimitado del grupo, para la encuesta se decidió trabajar con la totalidad de la población, sin aplicar muestreo. Esta decisión permitió obtener una visión completa del entorno institucional, considerando que todos los integrantes están directamente relacionados con la gestión de proyectos tecnológicos y representan las voces relevantes para el análisis de viabilidad de implementación de Scrum.

Para el componente cualitativo, se aplicó un muestreo intencional por criterio, seleccionando a 10 colaboradores con funciones estratégicas dentro de la Dirección de TICs, tales como coordinación de proyectos, liderazgo técnico o participación en procesos de planificación tecnológica. Esta decisión respondió a la necesidad de obtener información analítica y contextual sobre la factibilidad organizacional del modelo propuesto.

Métodos, Técnicas e Instrumentos

En términos metodológicos, el estudio se apoyó principalmente en el método inductivo, ya que partió de la observación y el análisis de la situación actual dentro del departamento de

TICs, sin imponer hipótesis previas, sino más bien identificando patrones y relaciones a partir de los datos recogidos. También se incorporó un enfoque analítico, necesario para descomponer la información obtenida, examinar sus componentes y contrastar las percepciones cualitativas con los resultados cuantitativos.

Para reunir la información, se utilizaron entrevistas semiestructuradas y una encuesta. Las entrevistas fueron 10 en total, y se dirigieron a personas clave dentro de la Dirección de TICs y giraron en torno a ocho preguntas abiertas, tal como se mencionó anteriormente. En cuanto a la encuesta, esta incluyó 19 ítems divididos en cuatro bloques. Las respuestas se recogieron con una escala Likert de 1 a 5 puntos.

Los datos cuantitativos fueron obtenidos mediante la encuesta estructurada, la misma que se trató con el programa estadístico SPSS. Se aplicaron técnicas de análisis descriptivo, como cálculos de promedios, proporciones y medidas de dispersión, con el fin de interpretar tendencias y patrones generales en las respuestas del personal.

Considerando el tamaño reducido de la población de estudio ($n = 20$) y la naturaleza ordinal de los datos obtenidos mediante escalas tipo Likert, el análisis cuantitativo se centró en estadísticos descriptivos. En este sentido, además de las medias y desviaciones estándar, se reportaron medianas y rangos intercuartílicos para describir la distribución de las respuestas. Asimismo, para explorar la relación entre las dimensiones analizadas se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, una prueba no paramétrica apropiada para este tipo de datos.

Respecto a los datos cualitativos, se usaron entrevistas, las mismas que fueron transcritas y gestionadas mediante el software QualCoder. Se utilizó un enfoque de codificación abierta, permitiendo organizar los datos según temas recurrentes y conceptos emergentes asociados a la percepción del marco ágil, las condiciones institucionales y las experiencias previas con metodologías similares.

Operacionalización de Variables

Para garantizar coherencia entre el objetivo del estudio, las variables analizadas y los instrumentos aplicados, se realizó la operacionalización de las variables, identificando dimensiones e indicadores específicos que orientaron la construcción del cuestionario y la guía de entrevista.

La variable independiente Marco metodológico Scrum se estructuró en dos dimensiones: conocimiento previo sobre metodologías ágiles y comprensión de los componentes del marco (roles, eventos y artefactos).

Tabla 1
Operacionalización de las variables del estudio

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Marco metodológico Scrum	Conocimiento previo sobre metodologías ágiles	Familiaridad con metodologías ágiles	Encuesta estructurada
		Familiaridad con Scrum	Entrevista semiestructurada
	Componentes del marco Scrum	Conocimiento de roles	Encuesta estructurada
		Conocimiento de eventos	Entrevista semiestructurada
		Conocimiento de artefactos	Encuesta estructurada
		Comprensión del marco general	

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Viabilidad de implementación	Percepciones del personal	Valoración general	Encuesta estructurada
		Pertinencia institucional	Entrevista semiestructurada
	Barreras institucionales	Barreras tecnológicas	Encuesta estructurada
		Resistencia al cambio	Entrevista semiestructurada
		Limitaciones técnicas	
	Oportunidades percibidas	Beneficios esperados	Encuesta estructurada
		Comparación con metodologías	
		Percepción de beneficios	Entrevista semiestructurada
	Apertura al cambio	Disposición al cambio	Encuesta estructurada
		Actitud frente a capacitaciones	
		Disposición individual	Entrevista semiestructurada
	Respaldo institucional	Apoyo organizacional	Encuesta estructurada
		Cultura de innovación	Entrevista semiestructurada
	Alineación con procesos	Compatibilidad con procesos actuales	Encuesta estructurada
		Mejora de desempeño	Entrevista semiestructurada
	Impacto esperado	Cambio en la dinámica laboral	

La variable dependiente Viabilidad de implementación de Scrum se organizó en dimensiones relacionadas con percepciones del personal, barreras institucionales, oportunidades percibidas, apertura al cambio, respaldo institucional, alineación con procesos e impacto esperado. La estructura conceptual de las variables y sus dimensiones se presenta en la Tabla 1.

Validación de instrumentos

Con el fin de garantizar la coherencia y pertinencia de los instrumentos aplicados, tanto el cuestionario estructurado como la guía de entrevista fueron diseñados a partir de la revisión teórica desarrollada en el marco conceptual del estudio, particularmente en lo relacionado con los componentes del marco Scrum y los factores organizacionales asociados a su implementación en entornos institucionales.

La encuesta fue construida con base en las dimensiones e indicadores definidos en la operacionalización de variables, asegurando correspondencia directa entre los objetivos del estudio y los ítems formulados. La redacción de las preguntas se orientó a evaluar percepciones, nivel de conocimiento y condiciones organizativas, utilizando una escala tipo Likert de cinco puntos para facilitar el análisis cuantitativo y reducir ambigüedades en las respuestas.

En cuanto a la guía de entrevista, esta fue elaborada con preguntas abiertas alineadas a las mismas dimensiones analizadas en la encuesta, permitiendo profundizar en aspectos cualitativos relacionados con barreras, oportunidades y disposición institucional frente a la adopción de Scrum. Esta correspondencia entre instrumentos favorece la triangulación metodológica.

Para evaluar la confiabilidad interna del cuestionario aplicado al personal de la Dirección de TICs, se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach mediante el software estadístico SPSS. El análisis se realizó sobre los ítems cerrados del instrumento medidos mediante escala tipo Likert, excluyendo las preguntas abiertas. El resultado obtenido fue $\alpha = 0.870$ para 17 ítems, lo que indica una adecuada consistencia interna del instrumento. De acuerdo con Tavakol y Dennick (2011), los valores aceptables de alfa de Cronbach suelen situarse entre 0.70 y 0.95, por lo que el instrumento presenta un nivel de confiabilidad adecuado.

Consideraciones éticas

La participación de los colaboradores de la Dirección de TICs en el estudio fue voluntaria. Antes de aplicar los instrumentos, se informó a los participantes sobre el propósito de la investigación y el uso académico de la información recopilada. Asimismo, se garantizó la confidencialidad de las respuestas y el tratamiento anónimo de los datos obtenidos, utilizándolos exclusivamente con fines investigativos.

Resultados y Discusión

Fundamentos Conceptuales del Marco Scrum

Scrum es un marco de trabajo que ha sido adoptado ampliamente para enfrentar entornos de alta complejidad e incertidumbre, ofreciendo una estructura donde las personas pueden organizarse para resolver problemas adaptativos, al mismo tiempo que generan productos funcionales con alto valor agregado. Desde su creación a inicios de los años noventa, ha sido aplicado en proyectos de desarrollo de software y, progresivamente, en otras áreas que requieren una gestión iterativa y colaborativa (Schwaber y Sutherland, 2017).

Este marco no debe confundirse con un conjunto rígido de pasos o una metodología cerrada. Más bien, actúa como una estructura flexible que define roles, eventos y artefactos con reglas claras, lo que permite evaluar de manera continua la eficacia del trabajo realizado y ajustarlo en función de los resultados. En este sentido, la claridad del marco ayuda a identificar áreas de mejora tanto en el equipo como en el producto y el entorno en el que se opera (Gaete et al., 2021).

Una de sus características más relevantes es que promueve la autoorganización de los equipos, incentivando la comunicación fluida, la colaboración constante y la entrega continua de valor. Los elementos que lo componen, como el *sprint*, la planificación del *sprint*, las reuniones diarias y la retrospectiva, no son únicamente mecanismos de gestión, sino espacios para la reflexión crítica, la inspección y la adaptación del trabajo colectivo (Schwaber y Sutherland, 2017; Gaete et al., 2021).

Además, su sencillez estructural, aunque puede resultar engañosa, no significa que sea de fácil aplicación; por el contrario, su implementación exige disciplina, constancia y una cultura de apertura al cambio. Según Lozano et al., (2020), uno de los grandes aportes de Scrum es que permite una detección temprana de problemas durante el desarrollo de los proyectos, gracias a su enfoque en la flexibilidad, creatividad y monitoreo constante. Esta combinación lo ha posicionado como uno de los enfoques ágiles más utilizados en la industria del software, y su incursión en contextos educativos y administrativos continúa expandiéndose por su capacidad de adaptación.

Componentes del marco Scrum

El marco Scrum está compuesto por elementos interconectados que permiten estructurar, dar seguimiento y evaluar el trabajo realizado en proyectos que requieren un enfoque ágil y adaptativo. Estos componentes se dividen en tres grandes dimensiones: roles, artefactos y ceremonias. Cada una tiene una función específica y, en conjunto, contribuyen a que el equipo mantenga un ritmo constante de entrega, mejora y retroalimentación.

Roles dentro de Scrum

Scrum se basa en la colaboración entre tres roles principales. El *product owner* representa la voz del cliente y es quien define y prioriza las tareas que generarán mayor valor; según

Tymkiw et al. (2020), su responsabilidad va más allá de ordenar requisitos: también debe mantener una comunicación constante con las partes interesadas para alinear el producto con los objetivos estratégicos; por su parte, el *scrum master* actúa como un facilitador que asegura que el equipo respete las prácticas ágiles y elimine obstáculos que puedan interferir con su desempeño; su enfoque está en promover un ambiente de trabajo colaborativo y saludable. El equipo de desarrollo, por último, es multifuncional y autoorganizado, lo que significa que no depende de instrucciones externas para cumplir con sus tareas, sino que gestiona de forma autónoma su trabajo diario. Este equipo suele ser pequeño, multidisciplinario y autónomo, lo que le permite organizarse internamente para cumplir con los objetivos planteados en cada *sprint*.

Artefactos: Pilares del Seguimiento y la Transparencia

En el corazón del marco Scrum se encuentran tres artefactos que estructuran el trabajo del equipo: el *product backlog*, el *sprint backlog* y el *incremento*. El primero, como lo explican Obergfell (2011) es una lista dinámica de funcionalidades, tareas y mejoras necesarias para construir el producto. Esta lista se ajusta constantemente según las prioridades y retroalimentaciones del entorno, convirtiéndose en el punto de partida del proceso ágil. El *sprint backlog*, en cambio, contiene un subconjunto específico del *product backlog* seleccionado durante la planificación del *sprint*. Representa lo que se realizará en el corto plazo y permite al equipo enfocarse en objetivos inmediatos. Finalmente, el *incremento* es el resultado concreto del trabajo realizado en ese *sprint*: una funcionalidad lista para ser evaluada o entregada.

Pero más allá de los elementos principales, existen artefactos que fortalecen la claridad y la comunicación dentro del equipo. Las historias de usuario, por ejemplo, permiten capturar las necesidades del usuario final en lenguaje sencillo, lo que facilita la interacción entre desarrolladores y clientes (Obergfell, 2011). Estos relatos se convierten en unidades de trabajo concretas y priorizables. Los gráficos de evolución, en cambio, ofrecen una representación visual del avance del proyecto, mostrando cuántas tareas se han completado y cuánto falta por hacer. Son especialmente útiles para detectar retrasos o bloqueos, y promover ajustes en tiempo real.

Ceremonias clave

Las ceremonias de Scrum marcan el ritmo del proyecto. Todo comienza con la planificación del *sprint*, donde el equipo acuerda qué se realizará en la próxima iteración y cómo se va a organizar; luego vienen las reuniones diarias, momentos breves de sincronización donde se identifican impedimentos y se ajustan las tareas en curso; al finalizar el *sprint*, se realiza una revisión en la que se presenta el *incremento* a las partes interesadas, permitiendo obtener retroalimentación valiosa. Finalmente, la retrospectiva es un espacio de reflexión interna donde el equipo evalúa lo que funcionó y lo que se puede mejorar para el siguiente ciclo. Estas ceremonias, como señala Tymkiw et al. (2020), refuerzan el aprendizaje continuo y la mejora progresiva.

Interacción entre componentes

Una de las características más valoradas de Scrum es cómo todos estos componentes se articulan de forma coherente. Los roles, artefactos y ceremonias no funcionan por separado, sino que se retroalimentan constantemente; por ejemplo, las decisiones tomadas por el *product owner* en la planificación afectan directamente lo que el equipo desarrolla, mientras que las reuniones diarias y las retrospectivas permiten ajustar el rumbo sin necesidad de esperar al final del proyecto. Esta estructura iterativa permite trabajar con entregas parciales pero funcionales, lo que aumenta la capacidad de adaptación a los cambios y mejora la satisfacción del cliente (Obergfell, 2011).

Adaptación del marco ágil en instituciones educativas

La incorporación de metodologías ágiles en el ámbito universitario ha representado una respuesta emergente a la necesidad de transformar entornos educativos que tradicionalmente han estado marcados por la rigidez de estructuras jerárquicas y procedimientos burocráticos. Dentro de este proceso, Scrum ha ganado un protagonismo especial por su enfoque práctico, iterativo y orientado a resultados. No obstante, su adopción no ha sido automática ni uniforme; ha requerido ajustes, interpretaciones y ensayos a distintos niveles.

Un ejemplo de esta adaptación puede observarse en las universidades federales del sureste de Brasil, donde identificaron una baja madurez en el uso de métodos ágiles, pero también hallaron subatributos relevantes como la mejora en la comunicación, la productividad y la colaboración (de Oliveira et al., 2023). Estos resultados reflejan que, si bien Scrum aún no está consolidado en muchas instituciones, su aplicación puede generar beneficios claros en términos de eficiencia y dinámica de trabajo. De hecho, en varias universidades evaluadas, su uso fue valorado positivamente en indicadores como la reducción de tiempos y la capacidad de respuesta ante cambios inesperados.

Por otro lado, la implementación de Scrum en contextos híbridos con educación virtual ha puesto en evidencia la necesidad de desarrollar habilidades específicas tanto en estudiantes como en docentes. En un estudio donde se analizó el trabajo de 59 estudiantes de maestría en proyectos desarrollados en entornos mixtos, se concluyó que la gestión de herramientas como JIRA o Trello, y el uso de canales como Discord o Teams, son fundamentales para sostener la colaboración (Behutiye et al., 2024); sin embargo, también reconocieron limitaciones importantes como problemas de comunicación, dificultades para estimar tiempos y conflictos de agenda, lo cual subraya la importancia de formar habilidades transversales que acompañen el uso técnico de estas herramientas.

A nivel pedagógico, se han diseñado estrategias que buscan trasladar el espíritu del marco Scrum a metodologías activas de enseñanza. Un caso ilustrativo es el presentado por González (2025), quien combinó el enfoque de Challenge Based Learning con el trabajo por *sprints* en la formación docente. Esta estrategia fomentó un aprendizaje más participativo y aumentó los niveles de motivación y compromiso de los estudiantes, generando un entorno más dinámico, con tareas planificadas semanalmente que integraban tecnologías digitales y trabajo colaborativo.

Otra forma innovadora de acercar Scrum al entorno educativo ha sido a través de la gamificación. En un estudio se diseñaron y evaluaron una aplicación móvil, *Scrum Game*, que permitió a más de 160 estudiantes adquirir conocimientos sobre esta metodología mediante dinámicas lúdicas (Rodríguez et al., 2022). Los resultados mostraron que los estudiantes que usaron la herramienta no solo obtuvieron mejores calificaciones, sino que también reportaron una experiencia más atractiva y significativa. Esta evidencia sugiere que los recursos digitales pueden convertirse en aliados potentes para facilitar la internalización de conceptos complejos, especialmente en audiencias que valoran la interactividad y el aprendizaje práctico.

Por ello es importante considerar que la adaptación del marco Scrum a instituciones educativas no puede basarse únicamente en replicar sus artefactos y ceremonias. Cuando este marco se introduce en entornos colaborativos académicos, como centros de investigación, se requiere una dosis considerable de flexibilidad y apertura a la experimentación (Hidalgo, 2019). La experiencia analizada por el autor evidenció que los equipos no solo necesitaban apropiarse de herramientas como los tableros visuales o las reuniones diarias, sino que debían desarrollar una cultura de “aprender haciendo”, en la que el ensayo, la revisión y el ajuste permanente fueran parte natural del proceso.

Viabilidad de implementación: factores clave

La posibilidad real de implementar Scrum en instituciones de educación superior no depende únicamente de una decisión organizativa, sino de condiciones previas que combinan aspectos estructurales, culturales y humanos. Setiawan y Sujono (2021) advierten que uno de los mayores retos en estos entornos es la resistencia al cambio, muchas veces alimentada por el desconocimiento de los marcos ágiles y la falta de formación adecuada en el personal. Esta situación se replica en el contexto ecuatoriano, donde se ha identificado que, aunque Scrum es cada vez más conocido en el sector tecnológico, su aplicación sigue siendo superficial y poco sostenida, lo que evidencia una brecha entre el interés inicial y la apropiación real del marco (Armijos Ortega et al., 2024).

En este sentido, la viabilidad debe analizarse desde una perspectiva mucho más amplia que la simple voluntad institucional. La existencia de equipos capacitados, estructuras que permitan cierta flexibilidad, liderazgo distribuido y una cultura abierta al ensayo y error son elementos indispensables para sostener la transición hacia metodologías ágiles. Tal como señalan Almeida y Espinheira (2022), el liderazgo compartido, el acompañamiento y la autonomía del equipo son pilares que fortalecen el arraigo de estos marcos en las dinámicas reales de trabajo.

No obstante, la implementación también encuentra dificultades más profundas ligadas a la colaboración. En un estudio se exponen que los equipos que recién adoptan Scrum suelen enfrentar desafíos significativos relacionados con la interacción, la falta de comunicación clara y la preferencia por el trabajo individual (Muñoz y Hurtado, 2024). Esto no solo obstaculiza el flujo de trabajo, sino que mina la confianza en la metodología misma. Desde esta perspectiva, es indispensable fomentar una cultura colaborativa real, donde los valores ágiles no sean solo enunciados, sino prácticas cotidianas.

Además, una adopción exitosa de Scrum también requiere de modelos que orienten con claridad las fases, los roles y los procesos (Pardo et al., 2020). Esta estandarización no significa rigidez, sino una guía comprensible que permita a los equipos minimizar la ambigüedad y comprender mejor los alcances del marco. Por eso, contar con un esquema de referencia puede marcar la diferencia entre una implementación improvisada y otra estructurada.

Por último, una revisión resalta que Scrum, al ser incremental, requiere no solo de planificación estratégica, sino también de una correcta dimensión del proyecto y una conformación adecuada del equipo (Estrada Velasco et al., 2021). En otras palabras, no es un marco que se pueda aplicar de forma genérica; necesita un análisis cuidadoso del contexto y de las capacidades instaladas.

Análisis de resultados del diagnóstico cuanti-cualitativo

Los resultados del diagnóstico institucional se presentan a continuación. La Tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos de las dimensiones analizadas en relación con el conocimiento del marco Scrum y la viabilidad de su implementación en la Dirección de TICs. En general, los resultados evidencian valoraciones favorables en la mayoría de las dimensiones evaluadas. Las medias más altas se observan en apertura al cambio ($M = 4.30$) e impacto esperado ($M = 4.25$), lo que indica una percepción positiva del personal respecto a la adopción de nuevas metodologías de trabajo y los beneficios potenciales de la implementación de Scrum.

Asimismo, dimensiones como conocimiento sobre metodologías ágiles ($M = 4.15$) y percepciones del personal ($M = 4.15$) también presentan valores elevados, lo que sugiere que el equipo posee cierta familiaridad previa con enfoques ágiles; por otro lado, las dimensiones

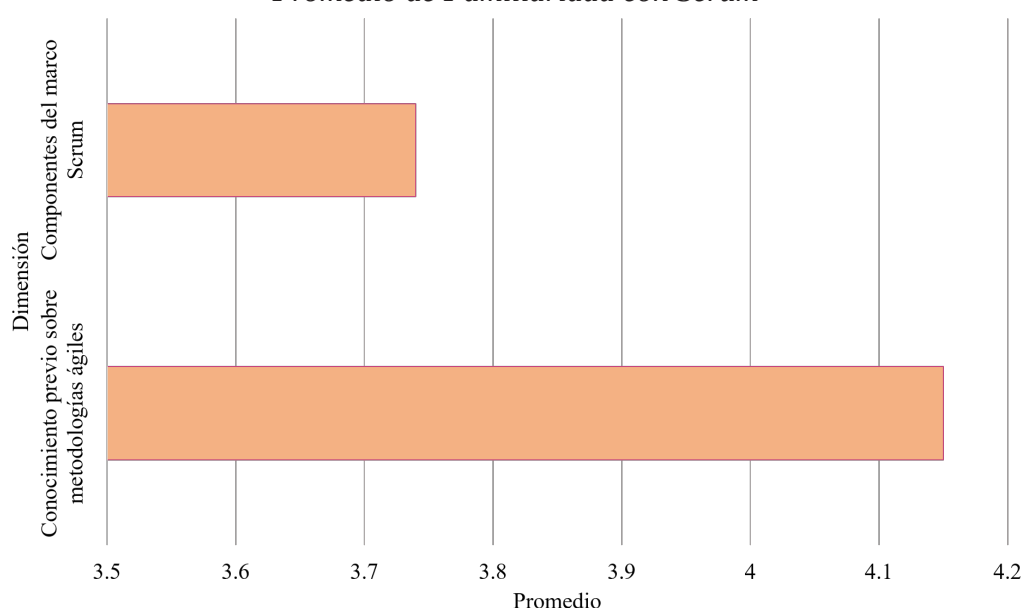
barreras institucionales y oportunidades percibidas registran las medias más bajas ($M = 3.35$), lo que podría reflejar la existencia de ciertos desafíos organizacionales o limitaciones estructurales que deberían considerarse durante el proceso de implementación.

Tabla 2
Estadísticos descriptivos de las dimensiones evaluadas

DIMENSIÓN	MEDIA	MEDIANA	DESV. ESTÁNDAR	MÍN	MÁX	RI
Conocimiento ágil	4.15	4.00	0.79	2	5	1.38
Componentes Scrum	3.74	3.75	1.04	1.5	5	1.94
Percepciones del personal	4.15	4.25	0.86	2	5	1.50
Barreras institucionales	3.35	3.50	0.73	2	4.50	1.00
Oportunidades percibidas	3.35	3.00	0.81	2	5	1.00
Apertura al cambio	4.30	4.50	0.77	3	5	1.50
Respaldo institucional	4.03	4.00	0.85	2	5	1.38
Alineación con procesos	3.95	4.00	0.78	2	5	0.00
Impacto esperado	4.25	4.00	0.72	3	5	1.00

Por su parte, el conocimiento sobre los componentes específicos del marco Scrum obtuvo un promedio de 3.74, lo que sugiere que, aunque existe una base conceptual sobre metodologías ágiles, aún hay áreas del marco Scrum que requieren fortalecimiento en términos de comprensión técnica, tal como se observa en la Figura 1, donde se muestra el nivel promedio de familiaridad del personal con el marco Scrum

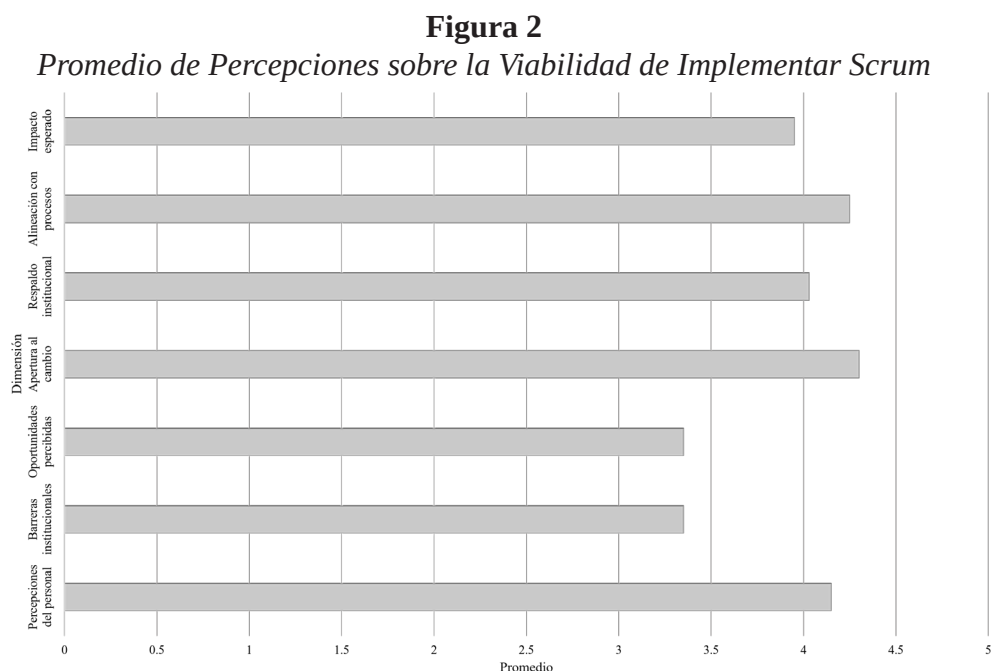
Figura 1
Promedio de Familiaridad con Scrum



Nota: Elaboración propia con base en los datos de la encuesta.

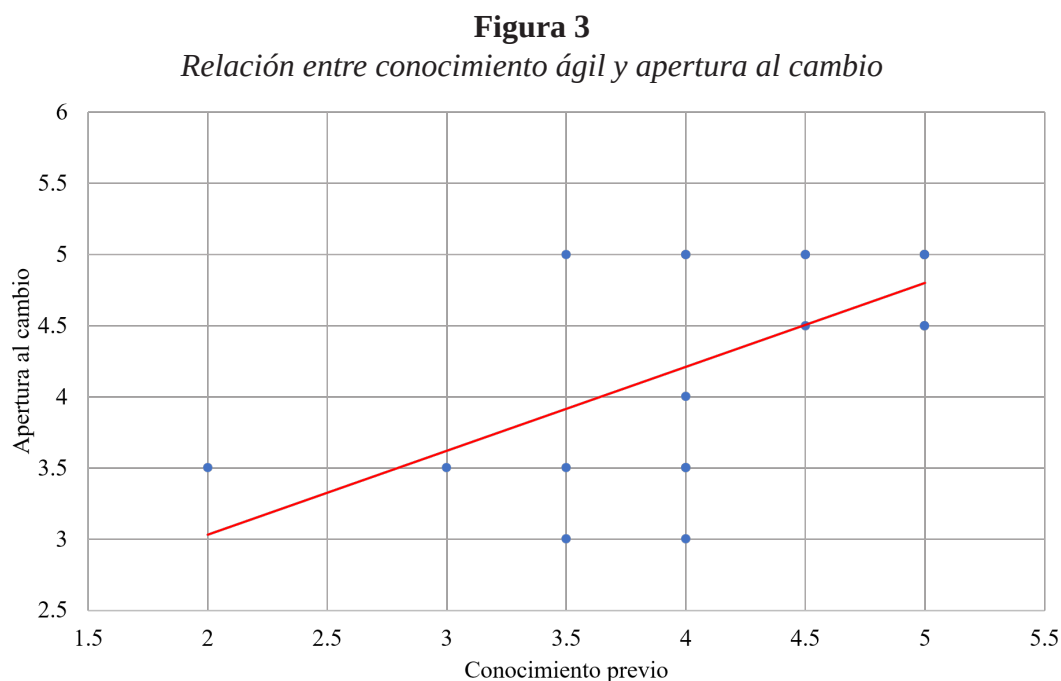
Respecto a la viabilidad de implementar la metodología Scrum en el Departamento de TICs, el promedio más alto se registró en la dimensión apertura al cambio (4.30), lo que refleja una disposición favorable del personal hacia la adopción de nuevas prácticas metodológicas. Le siguen alineación con procesos (4.25), percepciones del personal (4.15) y respaldo institucional (4.03), lo que indica que existen condiciones organizativas y actitudinales adecuadas para implementar Scrum.

No obstante, las barreras institucionales y las oportunidades percibidas obtuvieron los promedios más bajos (3.35), lo que revela ciertas limitaciones estructurales o tecnológicas que podrían obstaculizar su implementación y un bajo reconocimiento de los beneficios potenciales del marco ágil, como muestra la Figura 2.



Nota: Elaboración propia con base en los datos de la encuesta.

Se analizó la relación entre el conocimiento previo sobre metodologías ágiles y la apertura al cambio, dado que ambos factores son clave para la adopción de Scrum. La Figura 3 evidencia una tendencia positiva, donde a mayor familiaridad técnica, mayor disposición al cambio. Esto sugiere que la capacitación puede ser una vía efectiva para fortalecer la viabilidad de implementación.



Nota: Elaboración propia con base en los datos de la encuesta.

Con el fin de explorar la relación entre las dimensiones analizadas, se realizó un análisis de correlación no paramétrica de Spearman. Los resultados presentados en la Tabla 3 evidencian relaciones positivas y estadísticamente significativas entre varias de las dimensiones evaluadas. Destaca la fuerte correlación entre el conocimiento sobre metodologías ágiles y la comprensión de los componentes del marco Scrum ($\rho = 0.841$; $p < 0.01$), lo que sugiere que una mayor familiaridad con enfoques ágiles favorece la comprensión de sus elementos metodológicos.

Asimismo, se identificó una correlación positiva entre el conocimiento ágil y la apertura al cambio ($\rho = 0.581$; $p < 0.05$), lo que indica que los colaboradores con mayor conocimiento de metodologías ágiles presentan también mayor disposición a adoptar nuevas prácticas de trabajo. De igual manera, la relación entre apertura al cambio y respaldo institucional ($\rho = 0.613$; $p < 0.01$) evidencia la importancia del apoyo organizacional en los procesos de implementación de metodologías ágiles dentro de la institución.

Tabla 3

Correlaciones significativas entre las dimensiones analizadas (Spearman)

VARIABLES		ρ	p
Conocimiento ágil	Componentes Scrum	0.841	0.000
Conocimiento ágil	Apertura al cambio	0.581	0.007
Componentes Scrum	Apertura al cambio	0.688	0.001
Componentes Scrum	Respaldo institucional	0.485	0.030
Percepciones del personal	Oportunidades percibidas	0.610	0.004
Percepciones del personal	Alineación con procesos	0.631	0.003
Percepciones del personal	Impacto esperado	0.648	0.002
Apertura al cambio	Respaldo institucional	0.613	0.004
Oportunidades percibidas	Alineación con procesos	0.472	0.036

Las entrevistas realizadas al personal estratégico del Departamento de TICs permitieron conocer de primera mano sus percepciones sobre la posible implementación de la metodología Scrum. Aunque algunos manifestaron haber tenido contacto previo con este enfoque en contextos formativos o laborales, la mayoría reconoció una experiencia limitada o nula, lo que evidencia una brecha en el conocimiento técnico que podría dificultar su adopción. A pesar de ello, la apertura al cambio fue una constante: los participantes mostraron disposición a modificar sus prácticas actuales siempre que existan procesos de acompañamiento y formación adecuados. Varios coincidieron en que Scrum podría mejorar la planificación, la organización interna y el seguimiento de tareas dentro del equipo.

A partir del proceso de codificación abierta realizado en QualCoder, se identificaron varias categorías y códigos emergentes asociados a las percepciones del personal sobre el uso de metodologías ágiles, las barreras institucionales y las oportunidades de mejora organizacional. La Tabla 4 presenta una síntesis de las principales categorías identificadas durante el análisis.

Tabla 4

Matriz de codificación cualitativa del análisis

CATEGORÍA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA
Conocimiento sobre Scrum	Falta de conocimiento	Reconocimiento de desconocimiento o experiencia limitada con la metodología	No tengo conocimiento de ello.
Conocimiento sobre Scrum	Conocimiento básico	Algunos participantes han tenido contacto previo con Scrum en formación académica o proyectos	Sí, en proyectos de software.

CATEGORÍA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA
Percepción del método	Valoración positiva	Opiniones favorables sobre el uso de Scrum en el área de TICs	Es una metodología bastante eficiente para el desarrollo de proyectos.
Barreras institucionales	Falta de capacitación	Identificación de la formación técnica como requisito para implementar Scrum	El desconocimiento de cómo funciona dicha metodología.
Beneficios organizacionales	Mejora en organización	Expectativa de mayor orden y control en los procesos de trabajo	Sería de gran beneficio en el ordenamiento y planificación.
Beneficios organizacionales	Mayor eficiencia	Percepción de mejora en agilidad y productividad	Mejoraría la rapidez de los procesos.
Apertura al cambio	Disposición al cambio	Actitud favorable hacia modificar prácticas laborales actuales	Sí, estoy dispuesto a cambiar mi forma de trabajo.
Apoyo institucional	Apoyo condicionado	Percepción de que la institución apoyaría el cambio si se demuestra su utilidad	Tendrían que exponer una buena propuesta.

Integración de los hallazgos

Los resultados cuantitativos y cualitativos muestran una coincidencia clara en la actitud del personal frente a posibles cambios metodológicos. Mientras los datos estadísticos muestran tendencias generales en las percepciones del personal, las entrevistas aportan elementos que ayudan a interpretar esas tendencias desde la experiencia cotidiana de quienes participan en los procesos de gestión tecnológica.

Se observa una coincidencia clara en relación con la actitud del personal frente a posibles cambios metodológicos. Las valoraciones positivas identificadas en los resultados cuantitativos encuentran eco en las opiniones expresadas durante las entrevistas, donde varios participantes señalaron que estarían dispuestos a ajustar sus formas de trabajo si el proceso se acompaña de orientación y capacitación adecuada. Esta convergencia sugiere que la apertura al cambio no representa una barrera significativa en el contexto analizado.

Sin embargo, la integración de los hallazgos también permite identificar algunos matices importantes. Aunque en términos generales el marco ágil es percibido de forma favorable, los testimonios recogidos en las entrevistas evidencian que el conocimiento técnico específico sobre Scrum aún es limitado. Este elemento ayuda a interpretar por qué el nivel de familiaridad con los componentes del marco aparece menos consolidado en los resultados cuantitativos. En otras palabras, la valoración positiva de Scrum parece estar más asociada a la expectativa de mejorar la organización del trabajo que a un dominio metodológico profundo.

Algo similar ocurre con las limitaciones institucionales identificadas en el análisis. Los datos cuantitativos muestran la presencia de ciertos desafíos organizativos, pero las entrevistas permiten comprender mejor su naturaleza. Más que resistencias estructurales fuertes, los participantes mencionan principalmente la necesidad de formación técnica y de respaldo institucional para impulsar cambios en las formas de trabajo. Esto sugiere que las dificultades señaladas se relacionan más con aspectos operativos que con una oposición real a la innovación metodológica.

La triangulación de ambas fuentes de información permite construir una visión más completa del contexto institucional. Por un lado, existe una actitud favorable hacia la incorporación de nuevas formas de gestión de proyectos; por otro, se identifican brechas de

conocimiento que podrían dificultar una implementación inmediata sin procesos previos de capacitación y acompañamiento. Esta lectura integrada del diagnóstico constituye la base para plantear una propuesta inicial de implementación del marco Scrum adaptada a las condiciones organizativas de la Dirección de TICs.

Propuesta Inicial de Implementación del Marco Scrum

Con base en el diagnóstico de factibilidad obtenido en esta investigación, se plantea una propuesta inicial de implementación del marco Scrum adaptada a la realidad organizativa de la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Técnica de Manabí. La implementación descrita se plantea como un escenario orientativo derivado del diagnóstico institucional, cuyo objetivo es ilustrar cómo podría desarrollarse la adopción gradual del marco Scrum dentro de la Dirección de TICs

Primero, el componente de *roles* Scrum adaptados, donde se definen tres roles fundamentales:

- El *product owner* será asumido por un representante de la unidad solicitante o un jefe de proyecto del área TICs, encargado de priorizar las necesidades y gestionar el *product backlog*.
- El *scrum master* (que puede ser un líder técnico o coordinador del departamento capacitado en ágil) facilitará la implementación de Scrum, removiendo obstáculos y guiando al equipo en la metodología.
- El *equipo de desarrollo* estará conformado por el personal técnico de la Dirección de TICs (desarrolladores y analistas), quienes ejecutarán las tareas técnicas en cada *sprint*.

Cada rol tendrá responsabilidades claras y delimitadas, explicadas en la Figura 4, asegurando así la cobertura de todas las áreas necesarias del proceso.

Figura 4
Roles de Scrum adaptados
Roles Scrum Adaptados a la
Dirección de TICs de la UTM



Nota: Elaboración propia, adaptado de Tymkiw et al. (2020).

En segundo lugar, los artefactos Scrum, donde el modelo incluye los artefactos estándar de Scrum, ajustados al contexto institucional:

- Se empleará un *product backlog* único que contendrá todas las iniciativas y proyectos TIC pendientes (ej. desarrollo de sistemas internos, mejoras de infraestructura, etc.), priorizados según el valor para la universidad.
- Para cada ciclo de trabajo se extraerá un *sprint backlog* con las tareas seleccionadas para ese sprint, definiendo objetivos concretos a corto plazo.
- Al final de cada *sprint*, el equipo producirá un *incremento* del producto (por ejemplo, un módulo de software funcional o una mejora implementada en un sistema existente) que cumpla con una *definición de hecho* acordada (criterios de finalización de tarea, estándares de calidad, documentación mínima, etc.).

Estos artefactos asegurarán la visibilidad y transparencia del trabajo: cualquiera en la dirección podrá consultar el *backlog* para ver prioridades y estados, fomentando la comunicación y alineamiento.

Figura 5
Flujo de Trabajo Scrum adaptado a la UTM
**Ciclo de Trabajo Iterativo Propuesto
para la Dirección de TICs**



Nota: Elaboración propia, adaptado de Tymkiw et al. (2020).

El tercer componente es *eventos y procesos iterativos*, donde la operatividad del modelo se basa en *sprints* regulares y en los eventos de Scrum que marcan un ciclo de mejora continua. Se propone trabajar con *sprints* de 2 a 4 semanas de duración (ajustable según la carga y naturaleza de proyectos de la Dirección TIC). Estos seguirán las siguientes alineaciones:

1. Al inicio de cada *sprint* se realizará la *planificación del sprint*, donde el equipo, junto con el *product owner*, seleccionará del *backlog* las tareas que se compromete a completar en el *sprint* y establece metas claras.
2. Diariamente, el equipo llevará a cabo la *reunión diaria* (*daily scrum*) breve (15 minutos) para sincronizarse, reportar avances y obstáculos.
3. Al término del *sprint* se efectuará una *revisión de sprint* con los interesados (incluyendo posiblemente a usuarios finales o autoridades pertinentes), en la cual se demostrará el *incremento* logrado y se recogerá una retroalimentación.

4. Inmediatamente después se hará una *retrospectiva* interna, donde el equipo TICs evaluará su proceso de trabajo durante el *sprint* y propondrá mejoras para el siguiente ciclo.

Estos eventos aseguran la iteratividad y retroalimentación constante en la metodología, permitiendo ajustes rápidos a necesidades cambiantes y aprendizaje continuo en el equipo (Figura 5).

Aplicación operativa del Modelo Scrum en la Dirección de TICs

La implementación del modelo propuesto busca transformar gradualmente la dinámica de trabajo de la Dirección de TICs de la Universidad Técnica de Manabí, adaptando los principios de Scrum a su estructura y necesidades internas. Este proceso será escalonado, colaborativo y centrado en la mejora continua, garantizando su viabilidad sin afectar los servicios esenciales.

1. **Ámbito de aplicación inicial:** El modelo se implementará inicialmente en el Departamento de Desarrollo de Software de la Dirección de TICs, ya que allí se gestionan proyectos que pueden beneficiarse directamente del enfoque ágil: reducción de tiempos, mayor flexibilidad y entregas incrementales. A futuro, se podrá ampliar a otras áreas, como infraestructura o soporte, en función de los resultados.
2. **Formación del equipo Scrum piloto:** Se conformará un equipo piloto dentro del personal existente, sin necesidad de contratar nuevos perfiles. Este equipo mantendrá su lugar físico de trabajo habitual, pero adoptará los ritmos y prácticas de Scrum (reuniones diarias, revisiones, retrospectivas). Según las entrevistas, aunque gran parte del personal no tiene experiencia directa con Scrum, la mayoría manifestó apertura al cambio, por lo que se contempla una capacitación inicial obligatoria antes de arrancar el primer *sprint*. Las funciones se distribuirán así:
 - Product Owner: jefe de proyecto o analista senior.
 - Scrum master: líder técnico capacitado en metodologías ágiles.
 - Equipo de desarrollo: técnicos en software, analistas y desarrolladores.
3. **Implementación piloto gradual:** El modelo iniciará con un proyecto interno acotado (por ejemplo, el desarrollo de una aplicación universitaria), ejecutado completamente bajo Scrum durante 2 a 3 meses. Este piloto permitirá: (1) identificar oportunidades y obstáculos reales; (2) evaluar el desempeño del equipo en eventos y entregables; y (3) documentar aprendizajes y ajustes necesarios.
4. **Colaboración interdepartamental y herramientas:** El modelo propone que los usuarios internos también participen en el proceso. Por ejemplo, si se desarrolla un sistema para otra unidad universitaria, un representante de esa unidad colaborará activamente con el *product owner* para brindar retroalimentación continua. Las actividades se realizarán mayoritariamente de manera presencial, pero con apoyo digital (Trello, Kanban, videollamadas) cuando sea necesario.
5. **Escalabilidad del modelo:** Una vez validado el piloto, el modelo podrá extenderse progresivamente al resto del departamento y a otros proyectos TIC. Los resultados obtenidos permitirán ajustar el modelo, institucionalizar buenas prácticas y fortalecer la cultura ágil dentro de la UTM.

Discusión

Los resultados obtenidos coinciden con estudios recientes que señalan que las metodologías ágiles están comenzando a expandirse desde el desarrollo de software hacia entornos institucionales y académicos donde los modelos tradicionales de gestión presentan limitaciones frente a contextos cambiantes (Schwaber y Sutherland, 2017; Gaete et al., 2021).

En este sentido, el caso analizado confirma que las organizaciones universitarias también pueden constituir espacios viables para la incorporación de marcos ágiles cuando existen condiciones mínimas de apertura organizacional y colaboración entre equipos.

En particular, los hallazgos del diagnóstico muestran una convergencia interesante con estudios que han explorado la adopción de Scrum en contextos educativos. Silva Ortega (2023), por ejemplo, identifica que el uso de este marco metodológico favorece dinámicas de trabajo más participativas y una mayor coordinación entre los miembros del equipo. Aunque dicho estudio se enfoca principalmente en procesos de enseñanza-aprendizaje, sus conclusiones ayudan a interpretar el escenario observado en la Dirección de TICs, donde la disposición del personal hacia nuevas formas de organización del trabajo aparece como un elemento facilitador para la introducción de prácticas ágiles.

De forma similar, Arcega et al. (2021) destacan que la integración de metodologías ágiles en proyectos institucionales puede generar entornos más flexibles para la resolución de problemas y la innovación tecnológica. Desde esta perspectiva, el enfoque gradual planteado en esta investigación, basado en la implementación inicial de un proyecto piloto, se alinea con las estrategias recomendadas por estos autores para reducir los riesgos asociados a los procesos de cambio organizacional. La introducción progresiva del marco Scrum permite que los equipos experimenten con nuevas dinámicas de trabajo sin requerir transformaciones estructurales inmediatas, lo que resulta especialmente relevante en instituciones públicas donde los procesos administrativos suelen ser más rígidos.

Sin embargo, los resultados también permiten matizar algunos de los supuestos optimistas presentes en la literatura sobre metodologías ágiles. Diversos estudios tienden a enfatizar los beneficios operativos de Scrum en términos de eficiencia o productividad, pero el caso analizado muestra que la adopción de este tipo de enfoques depende en gran medida de factores organizativos previos, como el nivel de conocimiento metodológico del personal y la existencia de mecanismos de capacitación adecuados. En este sentido, los hallazgos coinciden con lo señalado por Armijos Ortega et al. (2024), quienes advierten que en varios contextos latinoamericanos la incorporación de metodologías ágiles aún se encuentra en etapas incipientes y requiere procesos formativos que permitan consolidar su aplicación en entornos institucionales.

A partir de este diagnóstico, uno de los aportes centrales de esta investigación consiste en la formulación de un modelo de implementación contextualizado, diseñado específicamente para las condiciones organizativas de la Dirección de TICs de la Universidad Técnica de Manabí. A diferencia de otros enfoques que presentan marcos generales para la adopción de Scrum, la propuesta desarrollada en este estudio introduce ajustes orientados a su aplicación en una unidad de gestión tecnológica universitaria. Entre estos elementos se encuentran la redefinición de roles dentro de la estructura institucional, la incorporación de unidades solicitantes en la priorización del *backlog* y la introducción de un proceso piloto que permita evaluar gradualmente la efectividad del modelo.

Este planteamiento dialoga con el modelo de referencia propuesto por Pardo et al. (2020), quienes enfatizan la necesidad de contar con estructuras claras de roles, artefactos y procesos para facilitar la adopción de Scrum en organizaciones que no han trabajado previamente con metodologías ágiles. No obstante, mientras dichos modelos suelen presentarse como marcos conceptuales generales, la propuesta desarrollada en esta investigación incorpora un nivel adicional de adaptación organizativa al integrarse directamente con las dinámicas administrativas y tecnológicas de una universidad pública. Esta contextualización constituye un aporte relevante,

ya que evidencia que la implementación de Scrum no depende únicamente de replicar sus componentes formales, sino de reinterpretarlos de acuerdo con las características específicas del entorno institucional.

Limitaciones del estudio

Aunque los resultados obtenidos ofrecen una visión valiosa sobre la posible implementación del marco Scrum, es importante reconocer algunas limitaciones que acompañan a este estudio. En primer lugar, el análisis se realizó con un número reducido de participantes (N = 20) pertenecientes a una sola unidad organizativa dentro de la universidad. Esto permitió explorar con mayor detalle las dinámicas internas del equipo, pero al mismo tiempo implica que los resultados deben interpretarse con prudencia y no pueden extrapolarse directamente a otras instituciones o contextos universitarios con características organizativas diferentes, además, al tratarse de un estudio basado en percepciones del personal, existe la posibilidad de que algunas respuestas estén influenciadas por cierta deseabilidad social, especialmente en aspectos relacionados con la apertura al cambio o la valoración de nuevas metodologías de trabajo.

Por otra parte, la investigación se desarrolló con un diseño transversal, lo que significa que la información se recogió en un único momento del tiempo. Esto permite identificar tendencias y percepciones iniciales, pero no observar cómo podrían evolucionar estas opiniones una vez que el marco Scrum comience a aplicarse en la práctica. En este sentido, futuras investigaciones podrían complementar estos hallazgos mediante estudios de seguimiento que analicen la implementación del modelo a lo largo del tiempo, particularmente durante la fase piloto propuesta y en posibles procesos posteriores de ampliación dentro de la institución.

Conclusiones

El estudio permitió analizar las condiciones organizativas que influyen en la posible incorporación de metodologías ágiles en la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Técnica de Manabí. El diagnóstico realizado muestra que el contexto institucional presenta condiciones favorables para iniciar procesos de innovación metodológica, especialmente en lo relacionado con la disposición del equipo de trabajo y la apertura hacia nuevas formas de gestión de proyectos.

Los resultados también evidencian que la adopción de marcos ágiles en entornos universitarios no depende únicamente de herramientas técnicas, sino de factores organizativos como la capacitación del personal, el acompañamiento institucional y la adaptación de los principios ágiles a las dinámicas propias de la institución. En este sentido, la incorporación de Scrum debe entenderse como un proceso gradual que permita fortalecer progresivamente las capacidades del equipo y consolidar nuevas prácticas de trabajo colaborativo.

A partir de estos hallazgos, la investigación propone un modelo inicial de implementación del marco Scrum ajustado a las características operativas de la Dirección de TICs. Esta propuesta ofrece una guía orientativa para introducir prácticas ágiles en el contexto universitario analizado y aporta evidencia sobre la factibilidad de iniciar procesos de transformación metodológica en unidades de gestión tecnológica dentro del ámbito de la educación superior.

Reconocimientos y Declaraciones

Los autores agradecen a la Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Técnica de Manabí por facilitar el acceso a la información necesaria para

el desarrollo de la investigación. Asimismo, se reconoce la colaboración del personal del departamento que participó voluntariamente en la aplicación de los instrumentos de recolección de datos.

Contribuciones de los autores (CRediT)

Las contribuciones de los autores fueron las siguientes:

- Andrés Enrique Azúa Arteaga: conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal y redacción del borrador original del manuscrito.
- Gabriel Eduardo Morejón López: supervisión, validación y revisión crítica del análisis estadístico.
- Erick Joel Zherdmant Cevallos: validación y revisión académica del manuscrito y apoyo en la estructuración del documento.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que durante la redacción y edición del presente manuscrito se utilizaron herramientas de apoyo basadas en inteligencia artificial, específicamente ChatGPT (OpenAI), con fines de revisión gramatical, mejora de la claridad del texto y apoyo en la traducción del resumen al inglés. El contenido científico del artículo, incluyendo el diseño de la investigación, el análisis estadístico y la interpretación de los resultados, es de autoría humana y no contó con intervención automatizada en la generación de datos ni en la formulación de conclusiones.

Referencias

- Abrar, M. F., Khan, M. S., Ali, S., Ali, U., Majeed, M. F., Ali, A., Amin, B., y Rasheed, N. (2019). Motivators for Large-Scale Agile Adoption From Management Perspective: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 7, 22660-22674. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2896212>
- Almeida, F., y Espinheira, E. (2022). Adoption of Large-Scale Scrum Practices through the Use of Management 3.0. *Informatics*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.3390/informatics9010020>
- Arcega Ponce, A., Preciado Álvarez, F., Mares Bañuelos, O., Macías Calleros, E., y Cardenas Villalpando, A. S. (2021). Uso de metodologías ágiles para el desarrollo de proyectos integradores en educación superior: Use of agile methodologies for the development of integrative projects in higher education. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 8(1), 54-57. <https://doi.org/10.32671/terc.v8i1.193>
- Armijos Ortega, L. M., Velez Macas, C. A., y Lojan Cueva, E. L. (2024). Estudio de la adopción de metodologías ágiles en proyectos de desarrollo de software en la región 7 del Ecuador. *Revista Espacios*, 45(4), 73-84. <https://doi.org/10.48082/espacios-a24v45n04p06>
- Baxter, D., Dacre, N., Dong, H., y Ceylan, S. (2023). Institutional challenges in agile adoption: Evidence from a public sector IT project. *Government Information Quarterly*, 40(4), 101858. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101858>
- Behutiye, W., Tripathi, N., y Isomursu, M. (2024). Adopting Scrum in Hybrid Settings, in a University Course Project: Reflections and Recommendations. *IEEE Access*, 12, 105633-105650. Scopus. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3434662>
- Binboga, B., y Altin Gumussoy, C. (2024). Factors Affecting Agile Software Project Success. *IEEE Access*, 12, 95613-95633. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3384410>
- Ciancarini, P., Giancarlo, R., y Grimaudo, G. (2024). Scrum@PA: Tailoring an Agile Methodology to the Digital Transformation in the Public Sector. *Information (Switzerland)*, 15(2), 110. <https://doi.org/10.3390/info15020110>

- Ciupre, A., Ionescu, R., Meza, S., y Orza, B. (2018). Towards Agile Integration within Higher Education: A Systematic Assessment. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 9(3), 69-87. <https://www.edusoft.ro/brain/index.php/brain/article/view/843>
- Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3.^a ed.). SAGE Publications. <https://bayanbox.ir/view/236051966444369258/9781483344379-Designing-and-Conducting-Mixed-Methods-Research-3e.pdf>
- de Oliveira, E. R., Ribeiro, P. C. C., Méxas, M. P., y de Oliveira, S. B. (2023). Scrum method assessment in Federal Universities in Brazil: multiple case studies. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, 20(1). Scopus. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.1496.2023>
- Estrada Velasco, M. V., Núñez Villacis, J. A., Saltos Chávez, P. R., y Cunuhay Cuchi, W. C. (2021). Revisión Sistemática de la Metodología Scrum para el Desarrollo de Software. *Dominio de las Ciencias*, 7(Extra 4), 54. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2429>
- Gaete, J., Villarreal, R., Figueroa, I., Cornide-Reyes, H., y Muñoz, R. (2021). Agile application approach with Scrum, Lean and Kanban. *Ingeniare*, 29(1), 141-157. Scopus. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052021000100141>
- González-Ferriz, F. (2025). INTEGRATING CHALLENGE-BASED LEARNING AND AGILE METHODOLOGIES TO TRANSFORM VOCATIONAL TRAINING. *Revista Academia and Negocios*, 11(1). Scopus. <https://doi.org/10.29393/RAN11-9IBGF10009>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Hidalgo, E. S. (2019). Adapting the scrum framework for agile project management in science: Case study of a distributed research initiative. *Heliyon*, 5(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01447>
- Lozano, S. I., Suescun, E., Vallejo, P., Mazo, R., y Correa, D. (2020). Comparing two active learning strategies for teaching scrum in an introductory software engineering course. *Ingeniare*, 28(1), 83-94. Scopus. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000100083>
- Muñoz, I. C., Collazos, C. A., y Hurtado, J. A. (2024). Desafíos de colaboración en la adopción de Scrum: Un estudio en equipos de desarrollo de software del departamento del Cauca, Colombia. *Tecnológicas*, 27(59), 1-17. <https://doi.org/10.22430/22565337.2881>
- Natarajan, T., y Pichai, S. (2024). Transition from Waterfall to Agile Methodology: An Action Research Study. *IEEE Access*, 12, 49341-49362. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3384097>
- Neumann, M., y Baumann, L. (2021). Agile Methods in Higher Education: Adapting and Using eduScrum with Real World Projects. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2021-October*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637344>
- Obergfell, Y. (1 de diciembre de 2011). *What is Scrum? - Main Components of Scrum Framework*. International Scrum Institute™. https://www.scrum-institute.org/What_Is_Scrum.php
- Pardo, C., Suescún, E., Jojoa, H., Zambrano, R., y Ortega, W. (2020). Modelo de referencia para la adopción e implementación de Scrum en la industria de software. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 8(3), 14-28. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.3.4700>
- Piedrahita, C., Alzate-Espinosa, G. A., Herrera-Schlesinger, M. C., Naranjo-Agudelo, A., Araujo-Guerrero, E. F., Torres-Hernández, C. A., y Benítez-Peláez, C. A. (2023). Scrum methodology adaptation in the non-software industry: Agile management of a research initiative. *International Journal of Agile Systems and Management*, 16(3), 368-399. <https://doi.org/10.1504/IJASM.2023.132471>
- Rodríguez, G., Vidal, S., Marcos, C., y Martínez Saucedo, A. C. (2022). Evaluating students' perception of Scrum through a learning game. *Computer Applications in Engineering Education*. Scopus. <https://doi.org/10.1002/cae.22539>

- Schwaber, K., y Sutherland, J. (2017). *The SCRUM Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game*. SCRUM org. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100>
- Setiawan, M. A. y Sujono. (2021). Scrum Adoption Challenges in Higher Education in Indonesia: Case Study of Board of Information System, Universitas Islam Indonesia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1077(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1077/1/012070>
- Silva Ortega, J. (2023). Implementación De SCRUM Como Estrategia De Gestión De Proyectos Para El Aprendizaje Activo En El Aula. *La casa del maestro*, 1(4), 15-36. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/RVCDM/article/view/4350>
- Tavakol, M., y Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53-55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Tymkiw, N., Bournissen, J. M., y Tumino, M. C. (2020). SCRUM como Herramienta Metodológica para el Aprendizaje de la Programación. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 26, 81-89. <https://doi.org/10.24215/18509959.26.e9>.
- VersionOne. (2020). *14th State of Agile Report* (No. 14; pp. 1-19). Digital.ai. <https://www.qagile.pl/wp-content/uploads/2020/06/14th-annual-state-of-agile-report.pdf>
- Vilchez-Sandoval, J., Vasquez-Paragulla, J., y Llulluy-Nuñez, D. (2020). On the use agile methodologies to re-design a Networks and Data Communications course. *2020 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE48860.2020.9149550>

Aplicación de inteligencia artificial en el lenguaje de patrones para proyectos urbanos

Application of Artificial Intelligence in the Pattern Language for Urban Projects

Ximena Cuenca-Torres¹ <https://orcid.org/0009-0008-5740-4993>

¹*Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador*
xccuenca@espol.edu.ec



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

Enviado: 2025/09/14

Aceptado: 2025/12/02

Publicado: 2026/06/15

Resumen

La integración de herramientas de inteligencia artificial con el software Building Information Modeling (BIM) Revit se abordó como una estrategia de apoyo para la aplicación del Lenguaje de Patrones de Christopher Alexander en proyectos urbanos. El estudio analizó cómo los modelos generativos de lenguaje (GPT), combinados con plataformas de visualización y simulación ambiental, pueden contribuir a interpretar y reforzar la coherencia, aplicabilidad y sostenibilidad del diseño urbano. La investigación se desarrolló en cuatro fases: análisis, modelado, integración y evaluación. En la primera fase se seleccionaron patrones relevantes, con énfasis en el Patrón 16, orientado a redes de transporte público. Posteriormente, se modeló un entorno urbano en Revit con una plaza central como nodo de transbordo para potenciar la accesibilidad. Durante la fase de integración se aplicaron tres modelos GPT (My Generative AI Design Assistant, Innovator Architect e IFC Modificador Avanzado) para generar recomendaciones cualitativas sobre accesibilidad, sostenibilidad y organización del espacio público, mientras que la plataforma LookX.ai se utilizó para obtener renders fotorrealistas del modelo y Autodesk Forma para realizar simulaciones ambientales en dos contextos urbanos contrastantes. Finalmente, las propuestas se evaluaron en términos de coherencia, aplicabilidad y sostenibilidad. Los resultados mostraron soluciones alineadas con los principios de Alexander, resaltando la sostenibilidad y funcionalidad del diseño. Los análisis ambientales y las representaciones visuales contribuyen a enriquecer la propuesta, aunque se identifican limitaciones en la interoperabilidad y en la representación dinámica del entorno.

Sumario: Introducción, Estado del arte, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

Como citar: Cuenca-Torres, X. (2026). Aplicación de inteligencia artificial en el lenguaje de patrones para proyectos urbanos. *Revista Tecnológica - Espol*, 38(1), 69-86.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1487>

Palabras clave: inteligencia artificial, patrones de diseño, diseño urbano, BIM, desarrollo sostenible.

Abstract

The integration of artificial intelligence tools with the Building Information Modeling (BIM) software Revit was approached as a support strategy for applying Christopher Alexander's Pattern Language in urban projects. The study analyzed how generative language models (GPT), combined with visualization and environmental simulation platforms, can contribute to interpreting and reinforcing the coherence, applicability, and sustainability of urban design. The research was carried out in four phases: analysis, modeling, integration, and evaluation. In the first phase, relevant patterns were selected, with an emphasis on Pattern 16, which focused on public transportation networks. Subsequently, an urban environment was modeled in Revit, with a central plaza as a transfer node to enhance accessibility. During the integration phase, three GPT models (My Generative AI Design Assistant, Innovator Architect, and Advanced IFC Editor) were applied to generate qualitative recommendations on accessibility, sustainability, and public space organization, while the LookX.ai platform was used to obtain photorealistic renders of the model, and Autodesk Forma for environmental simulations in two contrasting urban contexts. Finally, the proposals were evaluated in terms of coherence, applicability, and sustainability. The results showed solutions aligned with Alexander's principles, highlighting the sustainability and functionality of the design. Environmental analyses and visual representations enriched the proposal, though limitations in interoperability and in the dynamic representation of the environment were identified.

Keywords: artificial intelligence, design patterns, urban design, BIM, sustainable development.

Introducción

El Lenguaje de Patrones, desarrollado por Christopher Alexander en la década de 1970, se ha consolidado como una metodología clave para abordar problemas recurrentes en el diseño de espacios habitables. Esta propuesta teórica, conformada por 253 patrones, abarca desde la planificación de ciudades hasta detalles constructivos, ofreciendo soluciones estructuradas que buscan garantizar la calidad de los entornos urbanos y arquitectónicos (Pérez, 2019). Su principal valor radica en que permite a los individuos participar activamente en la configuración de sus espacios, integrando variables como la cultura, la rutina diaria, el medio ambiente y los materiales disponibles (Giraldo, 2022).

A pesar de su relevancia, la implementación práctica del Lenguaje de Patrones en proyectos urbanos contemporáneos continúa siendo un desafío. La correcta interpretación y adaptación de los patrones exige un esfuerzo considerable en términos de tiempo, recursos y capacidad técnica, lo que ha limitado su aplicación sistemática en el diseño urbano actual. Esta limitación se acentúa ante la ausencia de herramientas digitales que faciliten la automatización del proceso, generando una brecha entre el marco teórico de Alexander y las exigencias de los entornos urbanos modernos (Lee & Lee, 2022; Mehaffy, 2019).

Paralelamente, el sector de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC) atraviesa una etapa de transformación marcada por la necesidad de responder a los desafíos de la sostenibilidad, la digitalización y la eficiencia en los procesos (Piras et al., 2024); sin embargo, la adopción de tecnologías digitales ha sido más lenta en comparación con otros sectores, debido a factores como la resistencia al cambio y la falta de interoperabilidad entre plataformas. Dentro

de este marco, la inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta prometedora para transformar la manera en que se conciben y gestionan los proyectos urbanos. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, generar soluciones personalizadas en tiempo real y anticipar escenarios complejos ha impulsado su aplicación en ámbitos como la movilidad, el consumo energético y la gobernanza urbana (García et al., 2023; Cong et al., 2024).

La combinación de IA con herramientas de Building Information Modeling (BIM), ampliamente reconocidas en la industria de la construcción, abre nuevas posibilidades para integrar la teoría del Lenguaje de Patrones en la práctica profesional. BIM no solo permite la representación tridimensional y paramétrica de los proyectos, sino que también constituye una plataforma colaborativa que facilita la interoperabilidad y la toma de decisiones informadas (Ilgar et al., 2024); sin embargo, todavía no existe una solución integral que unifique IA y BIM para automatizar la recomendación y adaptación de los patrones de Alexander en proyectos urbanos.

Esta brecha tecnológica y metodológica evidencia la necesidad de desarrollar investigaciones que exploren cómo las herramientas basadas en IA pueden aplicarse de forma efectiva en el diseño urbano, optimizando procesos y fortaleciendo la sostenibilidad. El presente estudio se inscribe en este marco, con el objetivo de analizar la integración de modelos de IA con un entorno BIM en Revit, tomando como base el Patrón 16 de Alexander, “Red de Transporte Público”. Este patrón enfatiza la importancia de los nodos de transbordo y la proximidad entre diferentes sistemas de transporte, elementos fundamentales para promover la accesibilidad y la eficiencia en ciudades contemporáneas.

El propósito central radica en ofrecer soluciones prácticas que respondan a las demandas actuales de sostenibilidad, eficiencia y participación ciudadana en la planificación urbana. Al mismo tiempo, la investigación busca contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), alineando la innovación tecnológica con la necesidad de construir ciudades inclusivas, resilientes y ambientalmente responsables.

En este contexto, el objetivo principal de la investigación fue analizar la integración de herramientas basadas en inteligencia artificial con modelos BIM en Revit, para automatizar la aplicación del Lenguaje de Patrones en proyectos urbanos, con énfasis en la evaluación del impacto de estas tecnologías sobre la coherencia, aplicabilidad y sostenibilidad del diseño.

Estado del arte

Lenguaje de patrones

El Lenguaje de Patrones, desarrollado por Christopher Alexander, constituye un marco metodológico que ofrece soluciones recurrentes a problemas de diseño espacial. Su propuesta articula 253 patrones, organizados en tres categorías principales: urbanos (94), arquitectónicos (109) y de subestructuras a pequeña escala (50), reflejando la interdependencia jerárquica entre escalas de intervención (Lee & Lee, 2022).

La obra fundacional, *A Pattern Language*, se convirtió en un referente para la planificación de entornos habitables, promoviendo una arquitectura contextualizada que responda a las condiciones del lugar, la cultura y las dinámicas sociales. Investigaciones recientes destacan su vigencia como recurso teórico, a la vez que señalan las limitaciones de su aplicación en contextos urbanos contemporáneos debido a la falta de herramientas digitales que faciliten su

adaptación dinámica (Kaplan et al., 2019; Seamon, 2019). Así, aunque los patrones fomentan entornos inclusivos y cohesionados, su implementación requiere procesos de interpretación y adaptación que resultan complejos y demandan recursos significativos.

Inteligencia Artificial en la Planificación Urbana

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una fuerza transformadora en la planificación urbana del siglo XXI. Inicialmente limitada al campo experimental, hoy es una herramienta aplicada en la gobernanza, la movilidad y la gestión de infraestructura (Cugurullo et al., 2023). Su expansión se ha visto favorecida por la disponibilidad de *big data* y la digitalización de procesos, lo que ha permitido desarrollar aplicaciones en campos como la predicción del consumo energético, la generación automatizada de redes viales o el soporte a la gobernanza participativa (Cong et al., 2024). Tecnologías asociadas a la IA, como la realidad aumentada, los gemelos digitales o el aprendizaje automático, se han convertido en aliados clave para enfrentar la urbanización acelerada y los desafíos ambientales, favoreciendo trayectorias de desarrollo más inteligentes y sostenibles (Yigitcanlar et al., 2020; Bibri et al., 2024).

Modelado de Información de Construcción (BIM - Building Information Modeling)

El Modelado de Información de Construcción (BIM) se ha afianzado como tecnología fundamental en la transformación digital de la industria de la construcción. A diferencia del CAD, BIM permite generar modelos digitales tridimensionales enriquecidos con datos que abarcan todas las fases del ciclo de vida de un proyecto (Li et al., 2024). Esta representación colaborativa mejora la precisión en el diseño, fomenta la coordinación interdisciplinaria y optimiza la gestión de recursos (Ilgar et al., 2024).

Más allá de su función de modelado, BIM ha posibilitado la integración con herramientas de inteligencia artificial, lo que amplía su alcance hacia procesos de detección automática de errores, comparación entre diseño y obra construida mediante visión computacional y optimización ambiental (Check to Build, 2024). Estudios recientes destacan que esta convergencia refuerza la interoperabilidad y democratiza el acceso a la información técnica a través de interfaces intuitivas como el lenguaje natural (Fernandes et al., 2024).

Ingeniería de prompts (Prompt Engineering)

La ingeniería de *prompts* ha surgido como un puente metodológico entre los modelos de lenguaje generativo y las necesidades específicas de investigación y diseño. Se centra en la construcción de instrucciones claras y estructuradas que permitan obtener respuestas útiles y coherentes de los modelos de IA (PMI, 2024).

Los métodos más difundidos incluyen RTF (rol, tarea, formato) y CREATE, este último es más detallado al incorporar ejemplos, restricciones y criterios de evaluación, además, estrategias avanzadas como la cadena de pensamiento y el refinamiento iterativo de *prompts* permiten descomponer problemas complejos en subtareas manejables o ajustar progresivamente las respuestas, lo que resulta especialmente pertinente en la planificación urbana, donde confluyen múltiples variables dinámicas (PMI, 2024).

Herramientas de Inteligencia Artificial Aplicadas al Diseño Urbano

En los últimos años han surgido herramientas basadas en IA que amplían las posibilidades del diseño urbano y arquitectónico. GPT My Generative AI Design Assistant se centra en conceptualizar propuestas sostenibles e innovadoras; GPT Innovator Architect incorpora enfoques creativos para infraestructuras y productos urbanos eficientes; y GPT IFC Modificador Avanzado facilita la edición y análisis de archivos IFC sin depender de librerías externas.

Complementariamente, plataformas como LookX.ai ofrecen visualización arquitectónica avanzada mediante renders de alta calidad (Kara et al., 2024), mientras que Autodesk Forma posibilita simulaciones ambientales en etapas tempranas de diseño, evaluando factores como la radiación solar, el viento y el confort peatonal (Gür & Karadag, 2024).

Materiales y Métodos

La investigación adoptó un enfoque cualitativo basado en simulaciones y análisis de modelos urbanos en entornos digitales, con apoyo en la metodología BIM, que busca interpretar la relación entre diseño, tecnología y sostenibilidad. Este enfoque resultó pertinente dado que el objetivo del estudio no fue cuantificar impactos mediante indicadores estadísticos, sino interpretar la coherencia entre las soluciones generadas por herramientas de inteligencia artificial, los principios del Lenguaje de Patrones de Christopher Alexander y las condiciones específicas de emplazamiento urbano.

El carácter del estudio fue exploratorio y descriptivo. La exploración se orientó a identificar patrones del Lenguaje de Alexander con potencial de integración en un flujo de trabajo IA-BIM, seleccionando el Patrón 16, “Red de Transporte Público”, como eje del modelo urbano debido a su énfasis en la articulación de nodos de transbordo y en la accesibilidad peatonal, mientras que la parte descriptiva se centró en documentar de forma sistemática los procedimientos de modelado en Revit, la configuración de los modelos generativos de lenguaje y el uso de plataformas de visualización y simulación ambiental para analizar el desempeño del diseño.

En este contexto, el estudio se organizó en cuatro fases: análisis, modelado, integración y evaluación.

Fase de análisis

La primera etapa del estudio consistió en una revisión sistemática del Lenguaje de Patrones de Christopher Alexander, con el propósito de identificar aquellos patrones con mayor pertinencia para su implementación en contextos urbanos contemporáneos. El análisis consideró las características esenciales de cada patrón, su impacto potencial en la configuración del espacio urbano y la flexibilidad de adaptación a distintos escenarios.

En este proceso, se prestó especial atención a parámetros clave que orientan la aplicabilidad de los patrones, como la densidad poblacional, la conectividad entre áreas, la organización de espacios públicos y la integración de infraestructuras. Estos criterios permitieron valorar la capacidad de cada propuesta para responder a los desafíos actuales de la planificación urbana.

Como resultado, se seleccionó el Patrón 16, “Red de Transporte Público”, cuyo enfoque en la optimización de los enlaces entre diferentes modos de transporte, y en la mejora de la accesibilidad, lo convirtió en la base metodológica para las fases posteriores de modelado, integración y evaluación.

Fase de modelado

En la segunda etapa se desarrolló un entorno urbano digital fundamentado en los principios del Patrón 16, “Red de Transporte Público”, de Christopher Alexander. El objetivo fue facilitar la integración de distintos sistemas de transporte público y, de manera simultánea, generar espacios que mejoraran la accesibilidad de los usuarios y promovieran un ambiente urbano más ecológico y armónico.

El modelado se realizó en Revit 2024, lo que permitió construir un modelo tridimensional detallado. El diseño se estructuró alrededor de una plaza central concebida como nodo de transbordo, en la que se integraron paradas de buses y taxis ubicadas estratégicamente a menos de 200 metros de distancia, en correspondencia con las recomendaciones del patrón. Esta configuración buscó optimizar la accesibilidad y reducir las barreras físicas en el proceso de movilidad urbana.

Además, se incorporaron caminos peatonales que conectaron de manera directa las paradas con la plaza, favoreciendo el desplazamiento seguro y eficiente de los usuarios entre los diferentes sistemas de transporte. La distribución espacial fue analizada cuidadosamente para minimizar distancias de caminata y tiempos de espera, garantizando así un flujo continuo y funcional en el área de estudio. La representación gráfica del modelo tuvo como finalidad no solo evidenciar la organización de los elementos, sino también optimizar la experiencia del usuario en el sistema de transporte.

Con el fin de asegurar la interoperabilidad del diseño, el modelo fue exportado en formatos IFC y OBJ, lo que permitió su compatibilidad con plataformas externas y su utilización en fases posteriores. Como herramienta complementaria se empleó BIM Vision, que posibilitó una visualización interactiva del modelo exportado, facilitando la validación de detalles constructivos y la identificación de posibles ajustes en la configuración espacial.

Fase de Integración

En la tercera etapa, el modelo urbano desarrollado en Revit fue procesado mediante herramientas basadas en inteligencia artificial con el propósito de optimizar el diseño, evaluar su sostenibilidad y facilitar la aplicación del Patrón 16, “Red de Transporte Público”. La integración combinó modelos generativos de lenguaje de la plataforma OpenAI, adaptados a través de *prompts* específicos, y plataformas de análisis y representación visual como LookX.ai y Autodesk Forma. Esta fase fue fundamental para vincular el modelado tridimensional con procesos de validación automatizados, orientados a mejorar la funcionalidad y el desempeño ambiental del diseño.

Integración con GPT My Generative AI Design Assistant

El modelo GPT My Generative AI Design Assistant se empleó como una herramienta de apoyo para generar recomendaciones en tiempo real orientadas a la sostenibilidad y a la funcionalidad del diseño urbano. La integración se estructuró a través de una cadena de diez *prompts*, elaborados siguiendo la fórmula RTF, que guiaron el proceso de manera progresiva. Los primeros *prompts* se enfocaron en la conceptualización de mejoras sostenibles y, posteriormente, las interacciones avanzaron hacia la aplicación de estas propuestas en el modelo urbano construido en Revit.

Cada *prompt* fue diseñado para obtener respuestas específicas relacionadas con los nodos de transbordo, la accesibilidad de los usuarios, la sostenibilidad de los espacios y la optimización del diseño conforme a los principios del Patrón 16, “Red de Transporte Público”. Las respuestas se validaron en tres niveles: primero, se comprobó su coherencia con los principios planteados por Alexander, en particular la eficiencia de la red de transporte y la proximidad de los nodos; en segundo lugar, se evaluó la aplicabilidad de las propuestas en el entorno BIM, garantizando que pudieran implementarse directamente en Revit; y, finalmente, se analizaron los aportes en términos de sostenibilidad, destacando la incorporación de tecnologías verdes, energía solar y estrategias de gestión eficiente del espacio urbano. De este modo, la herramienta contribuyó a la construcción de un entorno digital más eficiente y ecológico, reforzando la pertinencia del Patrón 16 en el contexto urbano contemporáneo.

Integración con GPT Innovator Architect

El GPT Innovator Architect se utilizó como herramienta de integración para explorar soluciones innovadoras aplicables al modelo urbano diseñado bajo el Patrón 16.

Los *prompts* fueron estructurados siguiendo la misma fórmula RTF y se centraron en aspectos relevantes del diseño urbano, tales como la accesibilidad, la sostenibilidad, la gestión de recursos hídricos y la mejora del flujo peatonal y vehicular. Cada uno de ellos planteó un desafío específico alrededor de los entornos de transporte público, lo que permitió generar respuestas orientadas a la resolución práctica de problemas.

Las propuestas incluyeron mejoras en los puntos de transbordo, sistemas para la recolección de aguas pluviales, diseño de áreas de espera y descanso, así como la implementación de iluminación pública inteligente. Estas respuestas se evaluaron considerando la coherencia con los principios del Lenguaje de Patrones, su aplicabilidad en el contexto urbano ecuatoriano, la sostenibilidad de los materiales sugeridos y la claridad en la exposición de las soluciones.

De este modo, el GPT complementó el trabajo de integración tecnológica, aportando un enfoque creativo que reforzó la pertinencia y sostenibilidad del modelo urbano desarrollado.

Integración con IFC Modificador Avanzado

El GPT IFC Modificador Avanzado se empleó para realizar ajustes precisos en las propiedades geométricas y de ubicación de los elementos arquitectónicos modelados en Revit y exportados en formato IFC. Esta herramienta permitió modificar atributos como la altura, el ancho, la longitud y la elevación de las entidades, facilitando la adaptación del diseño urbano a las especificaciones requeridas.

El proceso se inició con la identificación de las entidades por modificar dentro del archivo IFC, entre las que se seleccionaron *IfcWallStandardCase* y *IfcFurnishingElement*, representativas de estructuras arquitectónicas y mobiliario urbano. Cada entidad fue registrada con su identificador único (GUID) y propiedades vigentes. Estas incluyeron la altura de la caja delimitadora (Bounding Box Height), el ancho (Bounding Box Width), la longitud (Bounding Box Length), la elevación superior (Top Elevation) y la elevación global superior (Global Top Elevation).

Posteriormente, se diseñaron *prompts* detallados que indicaban los cambios requeridos en cada entidad, especificando tanto el valor actual como el nuevo valor deseado.

Una vez ingresadas las instrucciones en el entorno del GPT, el sistema generó un archivo IFC modificado, que fue revisado mediante BIM Vision para comprobar la correcta aplicación de las modificaciones. La comparación entre el archivo original y el modificado permitió validar la precisión de los ajustes y garantizar la integridad del modelo.

Integración con LookX.ai

La herramienta LookX.ai se utilizó para generar renders detallados del diseño propuesto, con el propósito de ofrecer una visualización realista del entorno urbano y evaluar tanto su impacto estético como la coherencia de los elementos modelados.

El proceso inició con la captura de imágenes en Revit, que representaron la plaza central como nodo de transbordo, las paradas de transporte y los caminos peatonales que conectan los distintos sistemas. Estas imágenes se subieron a la plataforma mediante la opción Render Mode,

seleccionando la categoría de arquitectura y el tipo de imagen 3D Massing. Esta configuración permitió que la herramienta interpretara geometrías, texturas y relaciones espaciales, generando una representación fotorrealista del modelo urbano.

Durante el renderizado, se ajustaron parámetros de iluminación, materialidad y perspectiva con el fin de reflejar condiciones más próximas a un entorno real. La iluminación diurna se configuró para producir sombras coherentes y resaltar texturas en pavimentos, áreas verdes y mobiliario urbano. Estos detalles garantizaron un mayor nivel de realismo y facilitaron la evaluación estética del diseño.

La verificación visual se realizó desde tres perspectivas clave: una vista aérea de la plaza central, para analizar la distribución de los elementos del nodo de transbordo; una perspectiva peatonal, para reproducir la experiencia del usuario en los recorridos; y, una vista de las paradas de autobuses, para evaluar la accesibilidad y la articulación de los sistemas de transporte con la plaza. Estas tres vistas sirvieron como base para los ajustes de escala, proporción y materialidad durante las iteraciones de renderizado.

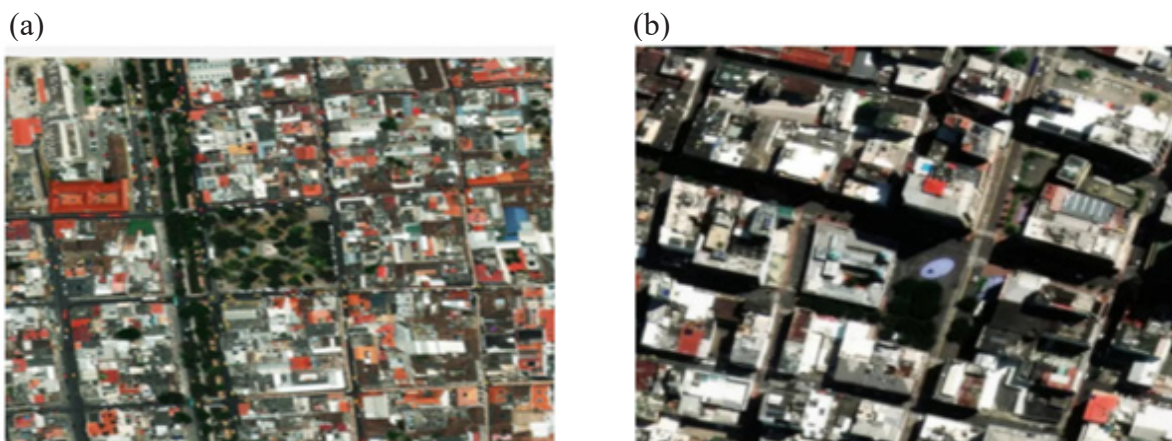
Integración con Autodesk Forma

La herramienta Autodesk Forma se empleó para evaluar el diseño de la plaza central y las paradas de transporte en dos entornos urbanos previamente modelados en Revit. El propósito de esta integración fue analizar y optimizar factores ambientales como la exposición solar, la iluminación natural y la ventilación, con el fin de fundamentar la sostenibilidad y eficiencia del diseño en concordancia con los principios del Patrón 16, “Red de Transporte Público”.

El modelo en Revit, que incluía la plaza y las paradas, se exportó en formato OBJ para su posterior análisis en Autodesk Forma. Durante esta transferencia, se ajustaron las configuraciones de resolución y unidades de medida en metros, garantizando la compatibilidad con la plataforma de análisis.

Se creó un proyecto independiente para cada sitio de estudio: la avenida Universitaria y Colón, en Loja, y la intersección de la avenida 9 de octubre y Pedro Carbo, en Guayaquil. En ambos casos, se configuró la ubicación geográfica, lo que permitió que los análisis de radiación solar y viento se basaran en datos ambientales reales. La Figura 1 muestra la localización geográfica de ambos sitios de estudio.

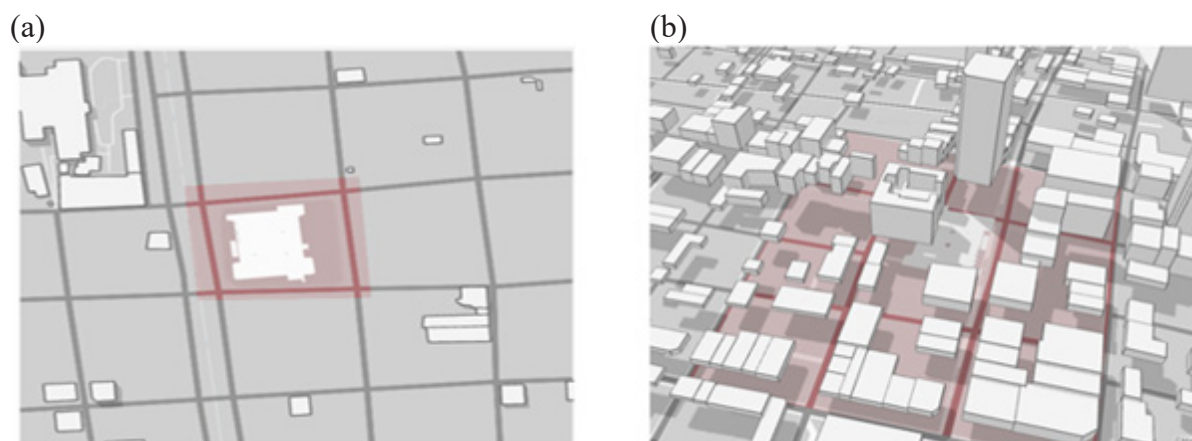
Figura 1
Localización geográfica de los sitios de estudio en Autodesk Forma



Nota: (a) Loja, (b) Guayaquil. Elaboración propia a partir de resultados generados en Autodesk Forma.

Posteriormente, se incorporaron al modelo los elementos contextuales más relevantes, como edificios circundantes, carreteras y terreno, con el fin de simular las condiciones urbanas inmediatas de cada zona. Finalmente, se definió un área de interés que abarcó la plaza y las paradas de transporte (Figura 2), la cual sirvió para enfocar el análisis en las condiciones micro climáticas específicas del sitio. En Loja, se consideró un entorno menos denso; mientras que, en Guayaquil, el análisis se realizó en un contexto urbano de mayor densidad, con edificaciones altas que influyeron en el comportamiento solar y eólico.

Figura 2
Áreas de interés para el análisis ambiental



Nota: (a) Loja, (b) Guayaquil. Elaboración propia a partir de modelos generados por Autodesk Forma.

Protocolo reproducible de integración IA-BIM

Con el fin de establecer un protocolo reproducible, se definió un flujo de trabajo basado en un único modelo urbano desarrollado en Revit 2024, correspondiente al Patrón 16, “Red de Transporte Público”, que se utilizó como dataset principal y se exportó en formato IFC para inspección geométrica y en formato OBJ para simulaciones ambientales en Autodesk Forma.

Sobre este modelo se integraron tres modelos GPT (My Generative AI Design Assistant, Innovator Architect e IFC Modificador Avanzado), configurados mediante secuencias de diez *prompts* estructurados con la fórmula RTF (rol, tarea, formato), lo que permitió mantener un esquema constante de interacción. En el caso de My Generative AI Design Assistant, los *prompts* se centraron en recomendaciones sobre sostenibilidad, accesibilidad y funcionalidad del diseño urbano; por ejemplo, uno de los *prompts* utilizados fue el siguiente: “Rol: Eres un diseñador especializado en sostenibilidad y urbanismo, y tienes acceso al libro *Lenguaje de Patrones* de Christopher Alexander, que ha sido adjuntado. Tarea: Con base en el diseño de una plaza central con paradas de buses y taxis, caminos peatonales y transbordos rápidos, sugiere mejoras sostenibles utilizando los principios del Patrón 16. Considera la eficiencia energética y la optimización de los materiales. Formato: Proporciona una lista de al menos tres recomendaciones basadas en el Patrón 16 que puedan aplicarse al diseño actual para mejorar la sostenibilidad”.

El GPT Innovator Architect se empleó con el mismo esquema para explorar alternativas conceptuales relacionadas con diseño modular, gestión del espacio público y estrategias orientadas a mejorar la experiencia del usuario; por su parte, el GPT IFC Modificador Avanzado se utilizó para generar modificaciones puntuales en el archivo IFC, formulando *prompts* que incluían el identificador GUID de los elementos, sus valores originales y los nuevos valores solicitados para atributos como altura, ancho, longitud y elevaciones, de modo que el proceso pudiera replicarse sobre cualquier versión del modelo.

De forma complementaria, la plataforma LookX.ai se empleó para generar renders fotorrealistas a partir de imágenes exportadas desde Revit, cargadas en el modo Render Mode bajo la categoría Architecture / 3D Massing. Aunque la herramienta ofrece un *prompt* predeterminado, fue necesario formular *prompts* detallados para obtener resultados más precisos y coherentes con el diseño propuesto. Dichos prompts se redactaron en inglés, con el objetivo de favorecer una interpretación más estable de las descripciones por parte del modelo; por ejemplo: "Generate a realistic render using the provided image as the base to capture the pedestrian perspective. Ensure that all elements, such as benches, pedestrian paths, and the bicycle parking area in the background, are well integrated and proportionated in relation to the scale of the human figure in the scene. Maintain soft daytime lighting to cast natural shadows from the structures, such as benches and parked bicycles. Represent the pavement of the pedestrian paths and resting areas with differentiated textures to contrast with the green areas. Include people using benches, walking along the pedestrian paths, and bicycles parked to bring dynamism to the scene. Ensure that the integration of the parking area and green spaces reflects an accessible, well-designed, and visually appealing environment. The render should showcase a coherent and realistic pedestrian experience, highlighting interaction between different spaces".

Finalmente, el modelo urbano se analizó en Autodesk Forma exclusivamente con fines de simulación ambiental. Para cada caso de estudio, Loja y Guayaquil, se creó un proyecto independiente seleccionando la ubicación directamente en el mapa hasta delimitar la zona de estudio; la plataforma incorporó automáticamente la información contextual disponible (edificaciones, red vial y topografía), sobre la cual se integró el modelo OBJ exportado desde Revit. A partir de esta configuración se definió un área de interés que abarcó la plaza y las paradas de transporte, y se activaron los análisis predeterminados de exposición solar, potencial de luz diurna y comportamiento del viento, manteniendo los mismos parámetros en ambos casos.

La combinación de este modelo base, los formatos IFC y OBJ, la estructura de *prompts* RTF y el uso constante de configuraciones por defecto en LookX.ai y Autodesk Forma asegura que cualquier investigador pueda reproducir el proceso completo de integración descrito en el estudio.

Fase de evaluación

La fase de evaluación se orientó a valorar la efectividad de las herramientas de inteligencia artificial aplicadas al modelo urbano, asegurando su coherencia con los principios del Patrón 16, “Red de Transporte Público”, y su pertinencia en contextos urbanos reales.

Evaluación de los modelos GPT

Los resultados generados por los modelos GPT se analizaron en función de cuatro criterios principales. La coherencia permitió verificar la alineación de las propuestas con los principios de Alexander, en especial la eficiencia de los nodos de transbordo. La sostenibilidad se examinó considerando la incorporación de estrategias de ahorro energético, gestión del agua y uso de tecnologías limpias. La aplicabilidad evaluó la viabilidad de implementar las soluciones en entornos urbanos concretos, mientras que la claridad se enfocó en la precisión y comprensión de las respuestas. Estos parámetros se organizaron en tablas de evaluación, lo que permitió sistematizar la valoración cualitativa de las respuestas, haciendo explícitos los criterios de validación empleados para comparar el desempeño de cada modelo.

Evaluación de LookX.ai

Los renders producidos en LookX.ai se evaluaron bajo tres dimensiones. La coherencia con el diseño y los principios de sostenibilidad midieron la integración armónica de áreas verdes, espacios de descanso y conexiones peatonales con la infraestructura de transporte. El realismo visual se examinó a través de la calidad de la iluminación, texturas y materialidad de los elementos urbanos. Finalmente, la claridad en la percepción del entorno permitió valorar la capacidad de los *renders* para transmitir de manera precisa la disposición espacial y la experiencia del usuario en el espacio urbano.

Evaluación de Autodesk Forma

El análisis ambiental en Autodesk Forma se estructuró en tres aspectos fundamentales. El estudio de horas de sol determinó la exposición solar en la plaza central y en las paradas de transporte, mientras que el potencial de luz natural permitió evaluar la suficiencia de iluminación en áreas de tránsito y espera; por último, el análisis de viento identificó el comportamiento de las corrientes de aire en el entorno peatonal, aportando información sobre el confort térmico y la eficiencia del diseño en cada contexto urbano.

Resultados y Discusión

La investigación abordó la integración de herramientas de inteligencia artificial en procesos de diseño urbano inspirados en el Lenguaje de Patrones de Christopher Alexander, con énfasis en la red de transporte público y la accesibilidad. Se emplearon tres modelos GPT (My Generative AI Design Assistant, Innovator Architect e IFC Modificador Avanzado), junto con las plataformas LookX.ai y Autodesk Forma. Los resultados obtenidos se analizan a continuación.

Modelos GPT

GPT My Generative AI Design Assistant

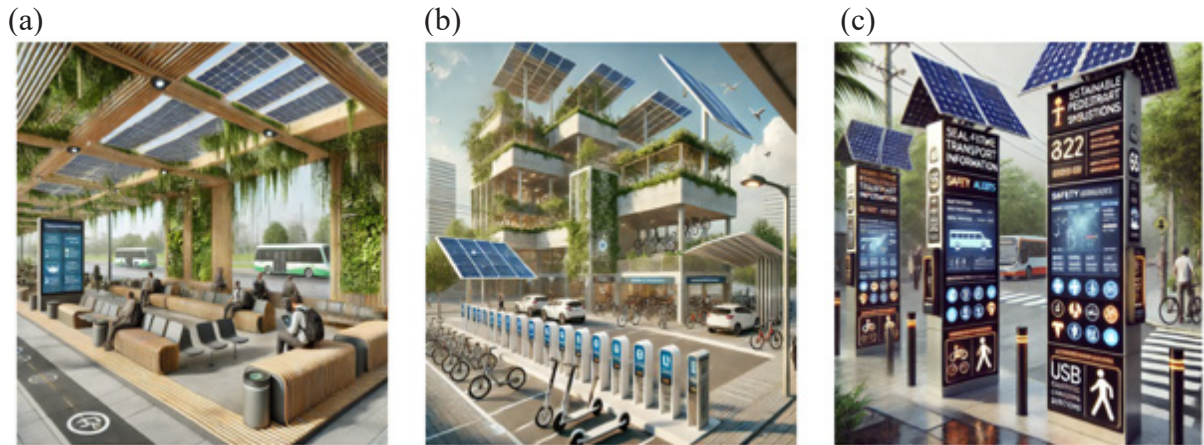
El modelo generó propuestas con alta coherencia respecto a los principios del Patrón 16, optimizando la red peatonal mediante senderos y materiales permeables, así como la incorporación de jardines y mobiliario urbano reciclado. Recomendó techos verdes en las paradas, paneles solares, señalización inteligente y sistemas de recolección de aguas pluviales, elementos que aportaron sostenibilidad y eficiencia en la gestión del flujo de usuarios. Las soluciones mostraron aplicabilidad al contexto ecuatoriano, con énfasis en el uso de materiales locales y tecnologías accesibles. La claridad de las respuestas facilitó la implementación en entornos BIM y favoreció la comprensión por parte de profesionales.

GPT Innovator Architect

Este modelo propuso soluciones modulares para los puntos de transbordo, con un enfoque orientado a la sostenibilidad y la innovación. Se destacó la integración de señalización inteligente con energía renovable, estaciones de carga solar para bicicletas y scooters eléctricos, así como áreas de espera con mobiliario adaptable. Estas soluciones, ilustradas en la Figura 3, reflejaron una visión modular y flexible del espacio público, orientada a mejorar la experiencia de los usuarios y optimizar el uso de los recursos urbanos.

Las propuestas fueron consistentes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9 y 11), al fomentar infraestructura resiliente y comunidades sostenibles. La claridad y aplicabilidad de las respuestas se mantuvo alta en todas las iteraciones.

Figura 3
Propuestas generadas por GPT Innovator Architect



Nota: (a) Áreas de espera con techos verdes y mobiliario adaptable, (b) estaciones de carga solar para bicicletas y scooters eléctricos, (c) señalización inteligente con energía renovable. Elaboración propia a partir de resultados generados con GPT Innovator Architect.

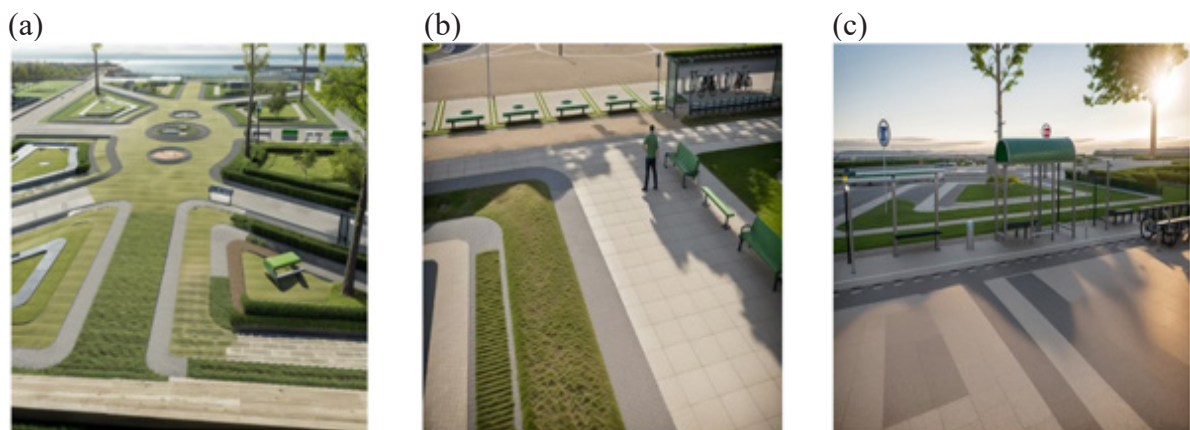
IFC Modificador Avanzado

El modelo identificó de forma precisa atributos geométricos de elementos exportados en formato IFC, como altura, ancho y elevación, generando archivos con modificaciones registradas; sin embargo, al validar los resultados en plataformas externas como BIM Vision, los cambios no se reflejaron en el modelo final. Este comportamiento evidenció limitaciones en la transferencia de datos y en la integración plena de los ajustes generados.

LookX.ai

La integración de LookX.ai permitió generar *renders* fotorrealistas de la plaza central y su entorno, ofreciendo una visualización detallada de la distribución de áreas verdes, las paradas de transporte y conexiones peatonales. Estas representaciones contribuyeron a evaluar la coherencia espacial del diseño y su potencial para mejorar la accesibilidad y funcionalidad urbana. Durante las primeras iteraciones se identificaron inconsistencias en texturas y proporciones de áreas verdes y pavimentos, así como ausencia de elementos dinámicos, lo que evidenció la necesidad de aplicar ajustes.

Figura 4
Renders finales generados en LookX.ai



Nota: (a) Vista aérea de la plaza central, (b) perspectiva peatonal, (c) vista de las paradas de autobuses. Elaboración propia a partir de resultados generados con LookX.ai.

Tras las correcciones, los *renders* finales reflejaron un entorno urbano más armonizado y coherente, con áreas verdes bien definidas, caminos accesibles y una disposición espacial que favoreció la interacción ciudadana, como se aprecia en la Figura 4.

Autodesk Forma

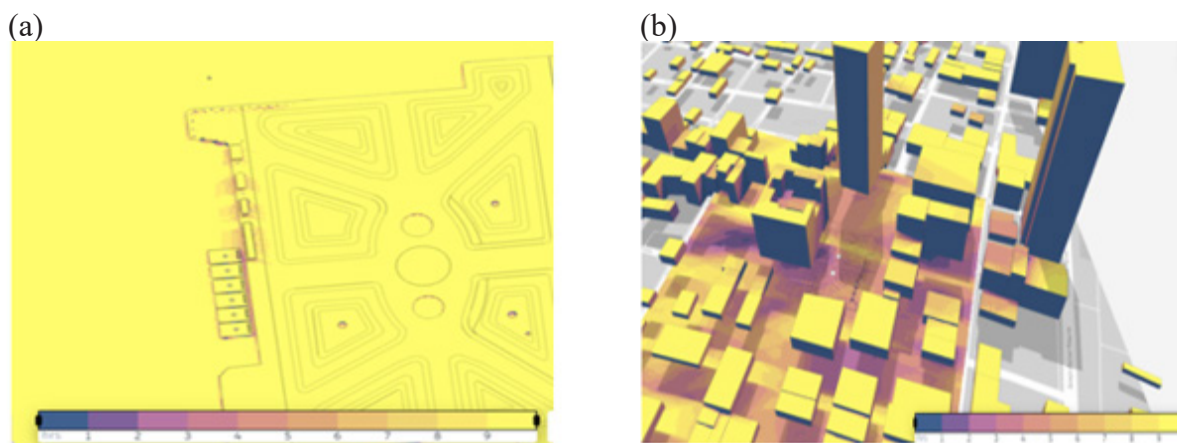
El análisis ambiental realizado con Autodesk Forma aportó información clave para valorar la sostenibilidad y el confort del diseño urbano.

En cuanto al análisis de exposición solar, en la zona de estudio 1 (Loja), la plaza central recibió entre 8 y 9 horas de sol directo, mientras que el área de paradas de transporte, ubicadas en el borde izquierdo, se encontraron en áreas con menor radiación entre 1 y 3 horas, lo que favoreció el confort térmico de los usuarios al proporcionar sombra natural.

En contraste, en la zona de estudio 2 (Guayaquil), la presencia de edificaciones altas generó sombras que redujeron la exposición solar en la plaza a 7–8 horas diarias, con paradas que registraron entre 2 y 5 horas de sol como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Análisis de exposición solar en Autodesk Forma

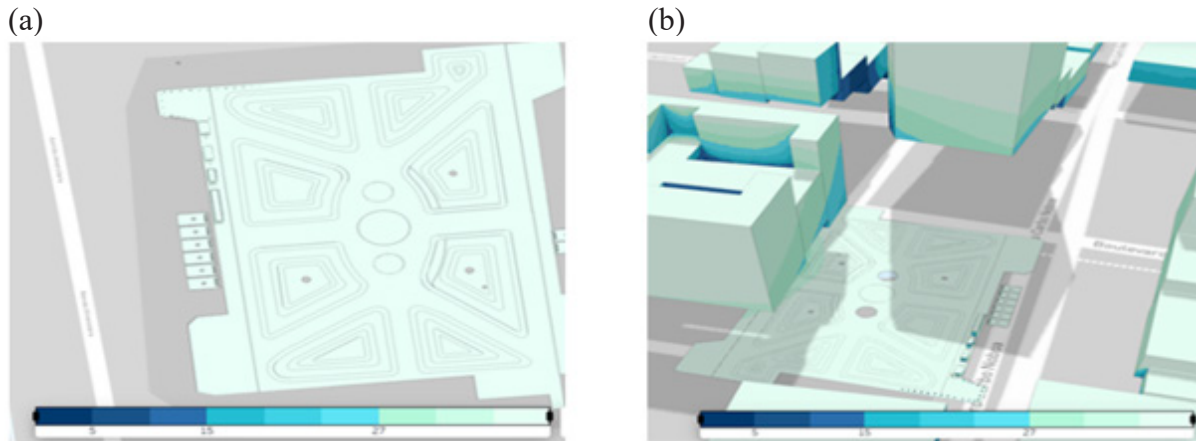


Nota: (a) Loja, (b) Guayaquil. Los valores se expresan en horas promedio de sol directo al día, calculados según la ubicación geográfica y condiciones urbanas de cada zona de estudio. Elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Autodesk Forma.

En lo que respecta al análisis de luz diurna, en la zona de estudio 1 (Loja), la plaza central alcanzó valores altos de iluminación natural (cerca de 27 en la escala), reduciendo la necesidad de iluminación artificial y mejorando el confort visual. Las paradas en el borde izquierdo recibieron entre 5 y 15 puntos, lo que generó entornos más frescos y adecuados para la espera.

En la zona de estudio 2 (Guayaquil), el área central mantuvo altos niveles de luz diurna, mientras que caminos peatonales y bordes presentaron valores bajos debido a sombras proyectadas por edificaciones colindantes (Figura 6).

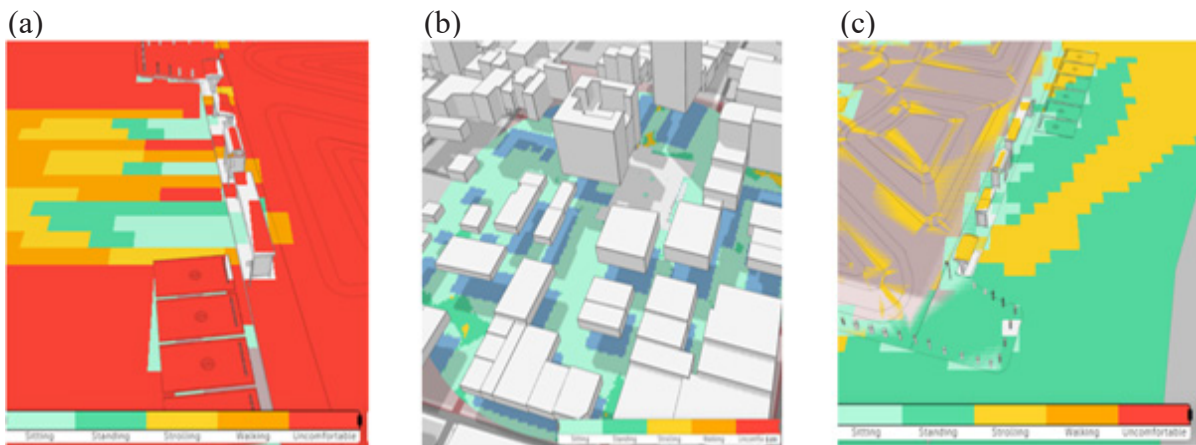
Figura 6
Potencial de luz diurna en Autodesk Forma



Nota: (a) Loja, (b) Guayaquil. Los valores corresponden a la escala de iluminación natural proporcionada por Autodesk Forma, donde valores altos indican mayor disponibilidad de luz diurna. Elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Autodesk Forma.

Finalmente, con respecto al análisis de viento, en la zona de estudio 1 (Loja), gran parte de la plaza y las paradas se clasificaron como incómodas por velocidades elevadas, lo que limitó la permanencia prolongada. No obstante, se identificaron áreas moderadas que permitieron actividades de tránsito peatonal. En la zona de estudio 2 (Guayaquil), el 62 % del área resultó apta para actividades de estancia gracias a la protección de los edificios, mientras que el 38 % restante presentó condiciones críticas en los bordes, con velocidades de 6–8 m/s que afectaron la comodidad de los usuarios (Figura 7).

Figura 7
Análisis de viento y confort peatonal en Autodesk Forma



Nota: (a) Loja, (b) Guayaquil, (c) Clasificación de confort peatonal. Las velocidades del viento se clasificaron automáticamente por Autodesk Forma; las zonas rojas corresponden a condiciones incómodas, las verdes a condiciones moderadas y las azules a condiciones cómodas para la estancia peatonal. Elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Autodesk Forma.

Limitaciones

El desempeño de las herramientas presentó ciertas restricciones. Los modelos GPT dependieron de la precisión en la redacción de los prompts y funcionaron de manera aislada, sin integración directa con LookX.ai ni Autodesk Forma. LookX.ai mostró limitaciones en la representación dinámica del entorno, mientras que Autodesk Forma no permitió trabajar con

archivos IFC completos y exigió simplificar los modelos a formatos OBJ. Estas restricciones afectaron la fluidez en la interoperabilidad, aunque no limitaron la validez de los resultados obtenidos.

Discusión y análisis de resultados

El análisis comparativo de las herramientas evidenció que la integración de inteligencia artificial facilitó la interpretación y aplicación del Patrón 16 en entornos urbanos, permitiendo evaluar la funcionalidad del diseño. Los modelos GPT mostraron un desempeño consistente en términos de coherencia, sostenibilidad, aplicabilidad y claridad, destacando la capacidad de generar soluciones alineadas con la optimización de la red peatonal, el uso de materiales reciclados y la incorporación de tecnologías limpias como techos verdes y paneles solares.

El GPT Innovator Architect se distinguió por propuestas modulares y adaptativas que reforzaron la pertinencia de los ODS 9 y 11, mientras que el GPT IFC Modificador Avanzado presentó limitaciones técnicas en la transferencia de datos hacia los modelos IFC finales. Por su parte, LookX.ai aportó visualizaciones fotorrealistas de alta calidad que mejoraron la percepción del entorno, aunque con restricciones en la representación dinámica. Finalmente, Autodesk Forma permitió un análisis ambiental (exposición solar, luz diurna y viento), contribuyendo a fundamentar la sostenibilidad del diseño, pero con limitaciones en la importación de modelos IFC completos. Estos hallazgos se sintetizan en la Tabla 1, donde se resumen los aspectos positivos, negativos y el nivel de desempeño de cada herramienta.

Tabla 1
Evaluación del desempeño de las herramientas integradas

HERRAMIENTA	ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS	NIVEL DE DESEMPEÑO
GPT My Generative AI Design Assistant	Soluciones alineadas con Patrón 16; alta sostenibilidad y claridad	Dependencia de iteraciones para ajustes	Medio
GPT Innovator Architect	Soluciones modulares, sostenibles y adaptativas; aplicabilidad alta (ODS 9 y 11)	Falta de integración directa con otras herramientas.	Medio
GPT IFC Modificador Avanzado	Identificación precisa de elementos y generación de archivos IFC	Limitaciones técnicas al reflejar cambios en modelos finales.	Bajo
LookX.ai	<i>Renders</i> realistas con detalle en áreas verdes y texturas	Inconsistencias iniciales en proporciones; limitada representación de elementos dinámicos.	Medio
Autodesk Forma	Análisis ambiental detallado (sol, luz, viento)	Limitaciones en entornos de baja densidad y necesidad de exportación en formato OBJ.	Medio

Nota: Los niveles de desempeño se definieron como: Alto (contribuciones significativas), Medio (resultados aceptables con mejoras necesarias) y Bajo (limitaciones significativas que afectaron la utilidad). Elaboración propia.

Conclusiones

La investigación realizada permitió comprobar que la integración de herramientas de Inteligencia Artificial en el diseño urbano basado en el Lenguaje de Patrones de Christopher Alexander constituyó una estrategia efectiva para optimizar procesos y resultados en entornos urbanos. En particular, el uso de modelos generativos y plataformas de análisis ambiental demostró un alto potencial para automatizar tareas, generar propuestas coherentes con principios arquitectónicos y urbanísticos, y fortalecer la sostenibilidad de los proyectos.

En primer lugar, la aplicación de modelos GPT en Revit posibilitó una automatización efectiva del diseño urbano, especialmente en relación con el Patrón 16. Las soluciones generadas se alinearon de manera consistente con los principios de Alexander, logrando un balance entre sostenibilidad y aplicabilidad en el contexto ecuatoriano. La organización de elementos clave, como las paradas de transporte y los caminos peatonales, se optimizó de manera significativa, incorporando además criterios asociados al uso de tecnologías limpias y materiales sostenibles.

En segundo lugar, los resultados derivados del uso de modelos GPT y de la plataforma LookX.ai resaltaron la capacidad de la IA para sugerir prácticas sostenibles. Entre ellas se identificaron propuestas como techos verdes, recolección de aguas pluviales y sistemas de monitoreo ambiental, que se alinearon con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11. Estas propuestas no solo aportaron innovación al diseño, sino que también fortalecieron la resiliencia y el confort en espacios urbanos, evidenciando que la IA puede actuar como un soporte clave en la construcción de ciudades más sostenibles.

Asimismo, la incorporación de LookX.ai permitió obtener representaciones visuales detalladas y realistas de los espacios urbanos. Estas visualizaciones facilitaron una revisión exhaustiva del impacto estético y funcional de cada propuesta, haciendo posible la identificación de ajustes en la distribución de áreas verdes y en la optimización del aprovechamiento de la luz natural. Como resultado, la percepción del entorno urbano se vio enriquecida, favoreciendo la coherencia entre el diseño técnico y la experiencia sensorial de los usuarios.

Por otro lado, el análisis realizado con Autodesk Forma demostró la relevancia del uso de la IA para la evaluación de condiciones ambientales, tales como la exposición solar y la velocidad del viento. Dicho análisis contribuyó a la optimización del confort térmico de los usuarios, al aprovechar las zonas de mayor radiación para actividades al aire libre y ubicar estratégicamente las paradas de transporte en áreas de sombra. Con ello se confirmó que la evaluación ambiental asistida por IA constituye un recurso poderoso para la planificación urbana centrada en las necesidades de las personas.

Reconocimientos y Declaraciones

La autora declara haber contribuido en todas las etapas de la investigación y elaboración del presente artículo.

La autora declara que, en la elaboración del presente artículo, se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial, específicamente modelos GPT basados en GPT-4, LookX.ai y Autodesk Forma, como parte del proceso metodológico de análisis, simulación y visualización.

Referencias

- Bibri, S. E., Huang, J., Jagatheesaperumal, S. K., & Krogstie, J. (2024). The Synergistic Interplay of Artificial Intelligence and Digital Twin in Environmentally Planning Sustainable Smart Cities: A Comprehensive Systematic Review. *Environmental Science And Ecotechnology*, 20, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2024.100433>
- Check to Build. (2024). *Construcción digital y automatización con Check to Build*. <https://checktobuild.com/es/>
- Cong, C., Page, J., Kwak, Y., Deal, B., & Kalantari, Z. (2024). AI Analytics for Carbon-Neutral City Planning: A Systematic Review of Applications. *Urban Science*, 8(3), 104. <https://doi.org/10.3390/urbansci8030104>
- Cugurullo, F., Caprotti, F., Cook, M., Karvonen, A., McGuirk, P., & Marvin, S. (2023). The rise of AI urbanism in post-smart cities: A critical commentary on urban artificial intelligence. *Urban Studies*. <https://doi.org/10.1177/00420980231203386>
- Fernandes, D., Garg, S., Nikkel, M., & Guven, G. (2024b). A GPT-Powered Assistant for Real-Time Interaction with Building Information Models. *Buildings*, 14(8), 2499. <https://doi.org/10.3390/buildings14082499>
- García Peñalvo, F. J., Llorens-Largo, F., & Vidal, J. (2023). La nueva realidad de la educación ante los avances de la inteligencia artificial generativa. *Revista Iberoamericana de Educación A Distancia*, 27(1), 9-39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>
- Giraldo, H. G. (2022). *Producción social, proceso participativo e intervención sostenible en el espacio público de centros históricos*. <https://doi.org/10.20868/upm.thesis.39253>
- Gür, M., & Karadag, I. (2024). Machine Learning for Pedestrian-Level Wind Comfort Analysis. *Buildings*, 14(6), 1845. <https://doi.org/10.3390/buildings14061845>
- Ilgar, A., Kara, A., & Çağdaş, V. (2024). Identifying Legal, BIM Data and Visualization Requirements to Form Legal Spaces and Developing a Web-Based 3D Cadastre Prototype: A Case Study of Condominium Building. *Land*, 13(9), 1380. <https://doi.org/10.3390/land13091380>
- Kaplan, A., Diver, K., Sandin, K., & Mill, S. K. (2019). Homeless Interactions with the Built Environment: A Spatial Pattern Language of Abandoned Housing. *Urban Science*, 3(2), 65. <https://doi.org/10.3390/urbansci3020065>
- Kara, K., Ergin, E. A., Yalçın, G. C., Çelik, T., Deveci, M., & Kadry, S. (2024). Sustainable brand logo selection using an AI-Supported PF-WENSLO-ARLON hybrid method. *Expert Systems With Applications*, 125382. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.125382>
- Lee, D., & Lee, S. (2022). Investigating Media-User Interaction for Public Play Space in a Smart City. *Applied Sciences*, 12(23), 11882. <https://doi.org/10.3390/app122311882>
- Li, Y., Lai, Y., & Lin, Y. (2024). The Role of Diversified Geo-Information Technologies in Urban Governance: A Literature Review. *Land*, 13(9), 1408. <https://doi.org/10.3390/land13091408>
- Mehaffy, M. W. (2019). Assessing Alexander's Later Contributions to a Science of Cities. *Urban Science*, 3(2), 59. <https://doi.org/10.3390/urbansci3020059>
- Pérez, A. H. (2019). Diseño y habitabilidad: una aproximación basada en los lenguajes de patrones. *Laocoonte*, 6, 199. <https://doi.org/10.7203/laocoonte.0.6.15323>
- Piras, G., Muzi, F., & Tiburcio, V. A. (2024). Digital Management Methodology for Building Production Optimization through Digital Twin and Artificial Intelligence Integration. *Buildings*, 14(7), 2110. <https://doi.org/10.3390/buildings14072110>

- Project Management Institute. (2024). *Talking to AI: Prompt Engineering for Project Managers*. Project Management Institute
- Seamon, D. (2019). Christopher Alexander's Theory of Wholeness as a Tetrad of Creative Activity: The Examples of a New Theory of Urban Design and The Nature of Order. *Urban Science*, 3(2), 46. <https://doi.org/10.3390/urbansci3020046>
- Yigitcanlar, T., Kankanamge, N., Regona, M., Maldonado, A., Rowan, B., Ryu, A., Desouza, K. C., Corchado, J. M., Mehmood, R., & Li, R. y. M. (2020). Artificial Intelligence Technologies and Related Urban Planning and Development Concepts: How Are They Perceived and Utilized in Australia? *Journal Of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 6(4), 187. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040187>

Efecto de la IA sobre las habilidades técnicas de los desarrolladores de software

Effect of AI on the Technical Skills of Software Developers

Angie Jackeline Montes Jácome¹ <https://orcid.org/0009-0004-6026-9367>

¹Universidad TECH de México, México
montesjacome@hotmail.com



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

Enviado: 2026/01/09

Aceptado: 2026/02/19

Publicado: 2026/06/15

Resumen

Este artículo estudia el impacto de la inteligencia artificial (IA) en las habilidades técnicas de los programadores de software, con énfasis en la resolución de problemas, codificación y productividad. La investigación adoptó un enfoque metodológico mixto, combinando un análisis documental de literatura científica vigente con la aplicación de encuestas estructuradas a programadores con diversos niveles de experiencia. Los hallazgos revelaron un empleo habitual de los recursos de IA en torno al desarrollo, generalmente para apoyar el aprendizaje y efectuar tareas de rutina, además de una opinión mayoritaria de mejoras en la productividad. Sin embargo, se detectaron distinciones notables de acuerdo al grado de experiencia, demostrando una mayor confianza y dependencia de la IA en programadores con menor trayectoria, influyendo en la utilización de habilidades de análisis, creatividad y de autonomía tecnológica. Concluyendo así que la IA ejerce un efecto importante sobre las habilidades técnicas del programador, potenciando la eficacia operativa en contextos determinados, pero también transformando la forma en que se practican el razonamiento lógico y la resolución autónoma de problemas, en especial, en fases tempranas de capacitación profesional.

Palabras clave: Dependencia, productividad, programación, software.

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

Como citar: Montes, A. (2026). Efecto de la IA sobre las habilidades técnicas de los desarrolladores de software. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 87-102.

<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1417>

Abstract

This article examines the impact of artificial intelligence (AI) on the technical skills of software developers, with a particular focus on problem-solving, coding, and productivity. The study adopts a mixed-methods approach, combining a review of current scientific literature with the administration of structured surveys to programmers with varying levels of experience. The results reveal a frequent use of AI tools in software development, primarily to support learning and perform routine tasks, along with a generally positive perception of increased productivity. However, notable differences were identified across experience levels, with less experienced programmers showing greater trust in and reliance on AI, which influences the use of analytical skills, creativity, and technological autonomy. The study concludes that AI has a significant effect on developers' technical skills, enhancing operational efficiency in specific contexts, while also transforming how logical reasoning and autonomous problem-solving are practiced, particularly during the early stages of professional training.

Keywords: Dependence, productivity, programming, software.

Introducción

La inteligencia artificial (IA), a través de nuevos métodos de automatización y apoyo, ha cambiado de manera significativa la forma tradicional en que se desarrolla el software (Huet, 2024), transformando procesos como la generación automática de código, depuración inteligente y el proceso decisorio dentro del ciclo de vida del desarrollo de software, con mejoras relevantes en cuanto a productividad y calidad del producto final. Históricamente, los programadores han tenido que buscar soluciones en foros, documentos técnicos y plataformas colaborativas (Demera et al., 2023). Con la llegada de las herramientas de IA como *GitHub Copilot*, impulsadas por modelos de lenguaje natural, los programadores son ahora capaces de crear proyectos insertando descripciones en lenguaje natural y generando de manera automática fragmentos completos de código, que antes se hacían progresivamente (Pedraza, 2023). Se presenta entonces una pregunta ética de fondo: ¿Cómo la IA está cambiando fundamentalmente el trabajo de un programador y sus interacciones con el ciclo de vida del desarrollo de software?

Este ha sido un tema abordado desde distintas perspectivas; no obstante, la literatura vigente aún no presenta un consenso concreto en torno a la incidencia real de la IA acerca de las capacidades técnicas del programador, en especial, en términos de independencia y pensamiento crítico. En una primera fase evolutiva, los recursos aislados se limitaban generalmente a funciones básicas como el autocompletado de código y el “debugueo” simple, las cuales tenían un dominio que predomina en los ambientes de desarrollo (Bolaño & Duarte, 2023).

Por su parte, durante la década de los 2000, el enfoque no estaba centrado en la generación automática de soluciones completas, sino en determinar las bases del apoyo computacional al programador, impulsándose de forma principal en sistemas de sugerencias y autocompletado de código, demostrando incrementos focales en la eficacia operativa, pero sin reemplazar el razonamiento lógico de los programadores (IBM, 2024). En esta fase, las herramientas de IA ofrecían respuestas fragmentadas y limitadas, por lo que el desarrollador debía mantener un rol activo en cuanto a la búsqueda, validación e inclusión de la información, invirtiendo un esfuerzo notable al consultar foros, documentos técnicos y otras herramientas disponibles en Internet (Galván, 2023).

Al pasar el tiempo, los recursos de IA empezaron a mostrar un progreso notable con la aparición de modelos de lenguaje de gran escala entrenados para actividades de programación,

cuya capacidad para generar código funcional ha sido valorada de manera empírica en investigaciones vigentes (Alenezi & Akour, 2025; Chen et al., 2021). En este sentido, modelos documentados ampliamente como GPT - 3 y GPT - 4 impulsaron herramientas que dejaron de limitarse al autocompletado de líneas aisladas y avanzaron hacia la generación de fragmentos de código, incidiendo en la manera en que los desarrolladores escriben, revisan y conceptualizan el software (Pombo, 2022). A su vez, revisiones sistemáticas actuales en ingeniería de software revelan que versiones más emergentes y avanzadas, como GPT - 5, se inscriben dentro de esta misma línea evolutiva, anticipando un incremento en la automatización cognitiva del desarrollo, pese a que su impacto empírico directo aún se halla en etapa de valoración científica (Galván, 2023).

Posteriormente en el año 2021, la compañía *OpenAI* lanzó la herramienta *GitHub Copilot*, que fue un momento clave marcado por el empleo del modelo Codex centrado en GPT - 3; este recurso no solo recomienda fragmentos de código, sino que además es capaz de elaborar funciones completas a partir de lenguaje natural, representando un cambio enorme en la manera de programar. Esta clase de herramientas está transformando el desarrollo de software, al momento de permitir que los programadores se enfoquen más en elementos creativos o estratégicos del proyecto, en lugar de centrarse en detalles minuciosos en su código (Pedraza, 2023).

A la par, la automatización creciente de la IA en el campo de la programación ha suscitado preocupaciones por la falta de criterio y pensamiento crítico en los desarrolladores de software (Guerra & Ruales, 2024). *Thoughtworks* (2024) señala que, si bien la IA puede incrementar la productividad, también existe una desigualdad en la programación cuando se trata de resolver problemas complejos de manera autónoma. Este fenómeno ha sido descrito como dependencia u *overreliance* en sistemas de IA, comprendida como la tendencia a confiar y adoptar de forma automática las recomendaciones de la inteligencia artificial, reduciendo los procesos de verificación crítica (Villacreses et al., 2022; Klingbeil et al., 2024); y se ha conceptualizado como un síndrome de dependencia tecnológica, vinculado a la pérdida progresiva de autonomía cognitiva, cuando el empleo de tecnologías inteligentes se vuelve usual (Barke et al., 2022). En este artículo, la dependencia será medida por medio de la frecuencia de recursos de IA y el nivel de aceptación directa del código generado, permitiendo valorar de manera empírica este constructo en los programadores.

Se puede notar en las tendencias de adopción que los programadores menos experimentados tienden a confiar más en las herramientas de IA, mientras que los programadores más avanzados suelen usarlas como alternativas en lugar de soluciones independientes (Mikova, 2024). Tal como se evidencia en diversas investigaciones, aunque los desarrolladores principiantes acentúan la IA como un recurso poderoso para completar sus tareas en poco tiempo, los programadores con mayor experiencia adoptan un contexto más crítico, donde examinan y modifican los códigos generados por la IA (Erazo et al., 2023; Pastor, 2025). Además, estudios vigentes confirman estas distinciones, evidenciando que los programadores juniors presentan mayores niveles de confianza y dependencia en las recomendaciones generadas por recursos de IA, mientras que los seniors mantienen un mayor control cognitivo y criterio técnico durante su empleo (Passi & Vorvoreanu, 2024; Vaithilingam et al., 2022).

Uno de los inconvenientes principales abordados se encuentra asociado a la IA y cómo cambia el enfoque de los programadores en cuanto a la resolución de problemas mientras desarrollan software (Salazar & Velastegui, 2024). No hay duda de que integrar herramientas de IA ha demostrado ser útil para mejorar la productividad y la eficiencia; sin embargo, se debe

cuestionar si hacerlo disminuye o no la necesidad de habilidades y conocimientos fundamentales de programación (Hernández, 2022). Así mismo, se pretende comprender de qué forma el uso de la IA influye en el pensamiento autónomo y las capacidades para resolver código de los desarrolladores.

Ante lo expuesto, este trabajo busca explorar la influencia de la IA en relación con el rol de un programador de sistemas, generalmente en cuanto a la resolución de problemas en el desarrollo. En función de este propósito, se plantea como pregunta de investigación: ¿Hay una relación entre el empleo de recursos de IA y los niveles de dependencia, autonomía y capacidades de resolución de problemas en el desarrollo de software? Por ello, se realizará el análisis de los datos de encuestas recopilados a programadores para establecer qué cambios han ocurrido en relación con su comportamiento de búsqueda, la dependencia de herramientas de IA y la autopercepción de creatividad y autonomía en la programación.

En este contexto, pese a que diversos estudios internacionales han explorado la relación entre el uso, experiencia y confianza en recursos de IA en programación, existe escasa evidencia empírica en el contexto de Ecuador, por ende, el presente trabajo posee como objetivo validar en el ámbito nacional los resultados declarados en estudios previos, aportando evidencia contextualizada que permita entender cómo se revelan estas dinámicas en los programadores ecuatorianos.

Materiales y Métodos

Diseño y enfoque de la investigación

La presente investigación aplicó un diseño de tipo mixto al combinar el análisis documental con la encuesta a programadores informáticos. El componente cualitativo se centró en un análisis temático de la literatura científica, permitiendo identificar enfoques, tendencias y preocupaciones habituales acerca del impacto de la IA en el desarrollo de software, mientras que, el componente cuantitativo se fundamentó en la aplicación de encuestas. De esta manera, se logró tener un contraste más completo respecto al impacto que la IA posee sobre el desarrollo de software, tanto desde la práctica como desde la teoría recopilada de los especialistas en materia.

Población y muestra

La población se conformó por programadores de software con diversos niveles de experiencia, en especial, aquellos que han utilizado herramientas de IA para desarrollar sistemas informáticos. La muestra fue no probabilística por conveniencia, compuesta por 30 participantes, por lo que los resultados obtenidos se deben interpretar de forma exploratoria, pues no permiten una generalización estadística a la totalidad de la población de programadores, aunque sí brindan insumos importantes para entender tendencias iniciales en el empleo de IA en el desarrollo de software.

Procedimiento para la recolección de datos

El proceso de recolección de datos se realizó en dos etapas:

Análisis documental

Se efectuó un análisis de literatura basado en artículos científicos y otros documentos como informes técnicos alojados en páginas webs y trabajos anteriores, que trataban sobre la implantación de recursos de IA en programación. En particular, se valoraron los estudios de 10 años previos incluidos en repositorios IEEE Xplore, Scopus y Google Scholar. Este análisis buscaba identificar los patrones, los beneficios y los problemas más destacados relacionados con la IA en la programación.

Para la selección de la literatura se aplicaron palabras clave como “inteligencia artificial”, “IA en la programación”, “desarrollo de software”, “creación de sistemas informáticos con IA”, entre otros. Los informes seleccionados incluyeron artículos científicos, informes técnicos, trabajos de titulación, proyectos investigativos y todos los documentos que aportaban evidencia empírica y un estudio detallado acerca de la implantación y efectos de la IA en el área de programación.

Encuestas a programadores

Para complementar el análisis anterior, se diseñó una encuesta estructurada con una serie de preguntas dirigidas a desarrolladores de software con distintos niveles de experiencia, siendo principiantes, intermedios o seniors, quienes dieron su consentimiento informado para participar en la encuesta de manera anónima y voluntaria. Para su elaboración, se identificaron temáticas clave y se seleccionaron ítems relevantes con la guía de estudios previos y consultas con expertos en el área, donde se incluyeron preguntas cerradas y abiertas, enfocadas en:

- Frecuencia y clase de recursos de IA empleados en la programación.
- Comparación entre la búsqueda de soluciones por medio de la web y el uso de la IA.
- Opinión acerca del impacto de la IA en el pensamiento crítico y creativo al momento de solucionar problemas.
- Dependencia y confianza en las recomendaciones proporcionadas por la IA.

La consistencia interna del cuestionario se evaluó por medio del coeficiente *alpha* de *Cronbach*, obteniéndose un valor de $\alpha = 0,82$, lo que señala una fiabilidad apropiada del instrumento. El cuestionario de encuesta fue distribuido en línea por medio de *Google Form* durante febrero y marzo del 2025, y estuvo dirigido a una comunidad activa de programadores de sistemas. Se utilizaron técnicas de muestreo por conveniencia de no probabilidad para elegir participantes con experiencia previa utilizando *GitHub Copilot*, *ChatGPT* o herramientas similares. Dicho esto, la muestra estuvo conformada por 30 personas con los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

- Profesionales graduados en áreas de desarrollo de software
- Experiencia en el área de programación.
- Uso de recursos de IA.
- Mayores de edad (>18 años).
- Disponibilidad para completar el cuestionario.
- Nacionalidad ecuatoriana.
- Brindaron su consentimiento informado.

Criterios de exclusión

- Inexperiencia en el uso de IA.
- Participación incompleta.
- Personas que no trabajen en áreas tecnológicas.
- Profesionales de otros países.
- No brindaron su consentimiento informado.

Análisis de datos

Los datos que se obtuvieron mediante encuestas, estos fueron procesados a través de técnicas estadísticas empleando Microsoft Excel. A su vez, para la interpretación de hallazgos, se efectuó una comparativa mediante un análisis descriptivo que incorporaba cálculo de frecuencias relativas y absolutas, además de descriptivas entre variables clave, cuyos hallazgos fueron contrastados con la información de la revisión bibliográfica.

Resultados y Discusión

Análisis documental sobre la inteligencia artificial en la programación

El análisis documental demuestra que el impacto de la IA en el desarrollo de software ha pasado de un enfoque teórico y experimental hacia una aplicación extendida y práctica, impulsada por los progresos acelerados de los últimos años (Serrahima, 2022). Por su parte, la literatura coincide en que, durante la década de los 2000, los programadores centraban su trabajo en la consulta de documentación técnica y foros especializados como *Stack Overflow* o *GitHub Discussions*, los cuales cumplían una función esencial en la resolución de problemas y el aprendizaje independiente (Dávila & Agüero, 2023; Xatruch, 2025).

A su vez, investigaciones más vigentes reportan que las herramientas centradas en IA, como *ChatGPT*, han introducido un paradigma novedoso al brindar explicaciones contextuales y fragmentos de código en tiempo real, transformando los procesos convencionales de búsqueda y resolución de problemas en programación (Coca & Llivina, 2021). En este contexto, Basantes (2023) destaca que recursos como *CodeWhisperer*, *ChatGPT* y *GitHub Copilot* han automatizado solicitudes recurrentes de la programación, contribuyendo con mejoras operacionales en términos de eficacia y productividad.

Sin embargo, la literatura además advierte que este progreso digital conlleva retos relacionados. Bayas (2024) revela que el empleo inapropiado o excesivo de herramientas de IA puede derivar en una reducción del razonamiento crítico y creativo del desarrollador, promoviendo enfoques mecánicos y poco reflexivos en la resolución de problemas. Haga clic o pulse aquí para escribir texto. stos problemas se han abordado en trabajos que señalan que la automatización cognitiva no reemplaza las capacidades analíticas esenciales, sino que necesita una inspección consciente por parte del programador.

De la misma forma, diferentes estudios documentales enfatizan que la adopción de recursos de IA no es uniforme y se influencia por el grado de experiencia del desarrollador (Barragán, 2023). Dans (2024) declara que los programadores juniors suelen utilizar la IA de forma más directa y dependiente en la generación de código. Por el contrario, los desarrolladores seniors emplean estos recursos como soporte, dando prioridad a la validación y modificación de las sugerencias generadas (Csic, 2019). De tal modo, la evidencia documental señala que el impacto de la inteligencia artificial en la programación se condiciona por el nivel de automatización y el criterio técnico de los usuarios.

En contraste, artículos recientes como el de Nascimento et al. (2023) brindan evidencia empírica y conceptual en torno a la incidencia de la IA en el desarrollo de software, por ejemplo, se comparó de forma empírica recursos de IA con ingenieros de software en actividades de programación, hallando variaciones en métricas de calidad y productividad que dependen del contexto de la adopción de esta herramienta informática. De forma adicional, estudios como el de Sauvola et al. (2024) revelan que la IA generativa cambia de manera crítica los procesos convencionales de software, automatizando tareas repetitivas y definiendo desafíos éticos y de propiedad intelectual.

Para finalizar, revisiones más recientes como la de Kam et al. (2025) indagan lo que los desarrolladores profesionales necesitan para incluir de manera eficaz la IA en su práctica profesional, detectando tanto ventajas potenciales como limitaciones asociadas con formación y confianza dirigida hacia estas herramientas.

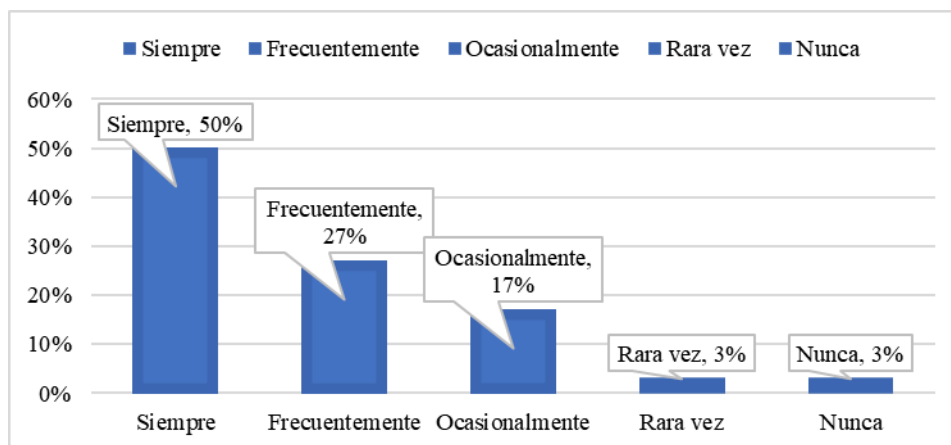
Resultados de la encuesta dirigida a desarrolladores de software

Los resultados de la encuesta a programadores de software (<https://forms.gle/zqvrkwyxyXfMnrw69>) se describen a continuación:

1. ¿Con qué frecuencia emplea recursos de inteligencia artificial para codificar o resolver tareas de programación?

Figura 1

Frecuencia de uso de recursos IA para programar



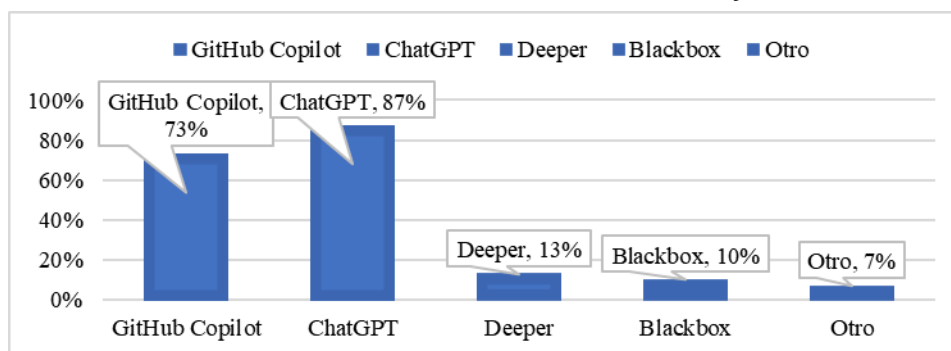
Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

Análisis e interpretación: La frecuencia de uso de herramientas de IA se estudió por medio de una escala ordinal de cinco categorías (nunca - siempre), cuyos hallazgos revelaron que el 50% de los participantes informó emplearlas siempre y el 27% frecuentemente, lo que demostró un uso habitual de dichas tecnologías en la práctica del desarrollo. Este resultado permitió analizar el nivel de integración de la IA en las actividades profesionales; sin embargo, la medición se limitó al empleo declarado y no a indicadores objetivos de productividad, como tiempo de desarrollo o calidad del código. Investigaciones recientes evidencian que herramientas de IA pueden mejorar la velocidad de desarrollo en actividades específicas, pese a que sus ventajas son variables de acuerdo a la clase de tarea y la experiencia del programador (Barke et al., 2022; Vaithilingam et al., 2022).

2. ¿Cuáles de las siguientes herramientas IA utiliza con mayor frecuencia en su trabajo? Puede escoger más de una opción.

Figura 2

Herramienta IA más utilizada en el trabajo



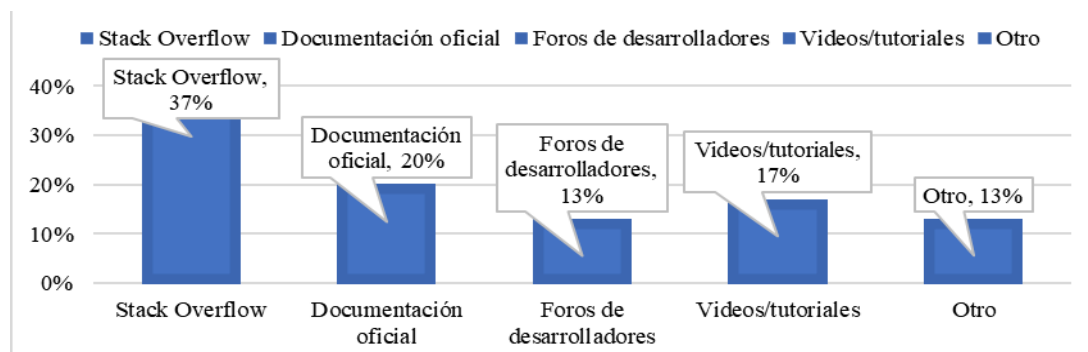
Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

Análisis e interpretación: La interrogante fue de selección múltiple, permitiendo a los encuestados marcar más de una herramienta de IA empleada en su trabajo. Los resultados evidenciaron que ChatGPT fue el recurso más usado (87%), principalmente para buscar soluciones y tener apoyo conceptual, seguida de GitHub Copilot (73%), empleada sobre todo para la asistencia directa en la escritura y autocompletado de código; en consecuencia, recursos como Deeper y Blackbox presentaron una adopción menor con 13% cada una. Esta distinción por clase de uso coincide con trabajos recientes, que demuestran que los desarrolladores utilizan asistentes conversacionales para razonamiento y comprensión, mientras que los asistentes integrados al IDE se usan para codificar de forma instantánea (Amin et al., 2024).

3. Antes de usar recursos de IA, ¿dónde solía buscar soluciones a los problemas de programación?

Figura 3

Búsqueda de soluciones a problemas de programación



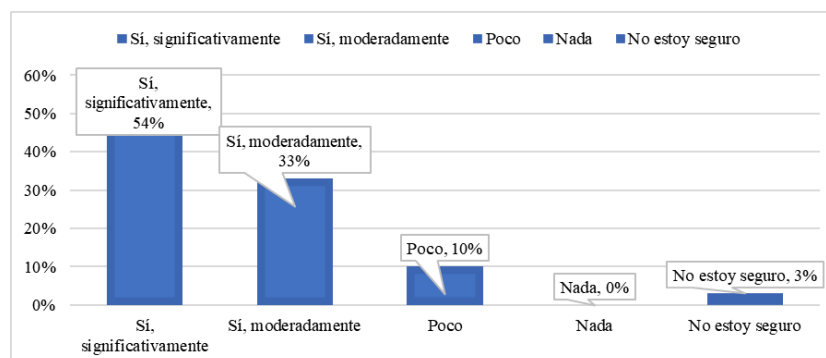
Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

Análisis e interpretación: Los datos demostraron que, antes de utilizar la IA, los programadores buscaban información en foros como Stack Overflow, y en documentos oficiales técnicos, evidenciando un cambio en cuanto a fuentes de consulta hacia soluciones con automatización. Esta variación se traduce en una modificación en los hábitos de búsqueda e implicaciones en el aprendizaje autónomo, puesto que la disminución de la lectura técnica y la indagación activa puede afectar la formación de competencias analíticas y de entendimiento profundo del código fuente (Bayas, 2024). Diversos autores señalan que, si bien los recursos de IA facilitan la resolución inmediata de problemas, pueden disminuir la exploración deliberada y aprendizaje activo, en especial, en programadores con menos experiencia (Weber et al., 2024).

4. En su opinión, ¿ha tenido una incidencia positiva la utilización de recursos de IA en tu productividad en el desarrollo de sistemas?

Figura 4

Incidencia del uso de recursos de IA



Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

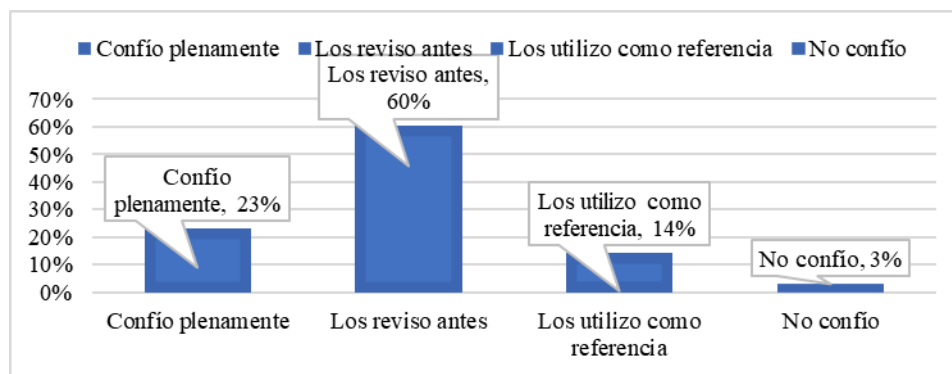
Análisis e interpretación: La productividad se evaluó mediante un indicador de productividad percibida, el cual se midió a través de una escala ordinal en la que los participantes valoraron la incidencia del empleo de recursos de IA en su rendimiento. Dicho esto, más del 80% de los programadores percibió un impacto favorable de la IA en su productividad, relacionado a la automatización de actividades repetitivas y de bajo nivel, como la generación de código a partir de descripciones de lenguaje natural y autocompletado de fragmentos; esta clase de tareas tiende a liberar tiempo que puede dedicarse a aspecto más creativos o tácticos del desarrollo.

En contraste, se logró apreciar una tendencia donde los programadores de nivel principiante/intermedio declararon mejoras percibidas; no obstante, los desarrolladores de nivel avanzado que emplean la IA solo lo hacen para apoyo puntual. Esta situación reveló que el beneficio de la IA está concretado en actividades de rutina, en lugar de decisiones de arquitectura, enlazándose con estudios que muestran mejoras productivas por utilización de modelos de lenguaje en acciones de codificación. En definitiva, estos hallazgos se asemejan a trabajos vigentes que evidencian incrementos, especialmente en tareas de código de bajo nivel (Xatruch, 2025; Yavich, 2025).

5. ¿Cuánto confías en las respuestas o fragmentos de código proporcionados por herramientas de IA?

Figura 5

Confianza en las respuestas proporcionadas de la IA



Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

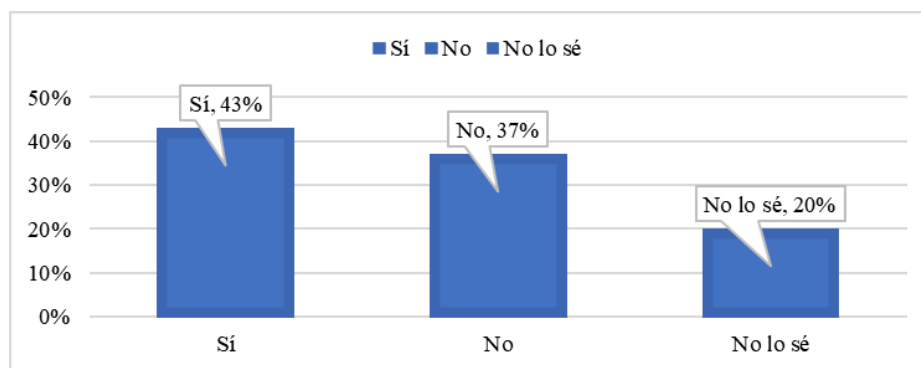
Análisis e interpretación: En la encuesta, el 60% confirmó que revisa y modifica las recomendaciones, lo que demostró una actitud responsable y racional hacia el uso de IA. Por otro lado, el 23% confía totalmente en las respuestas generadas, lo que planteó preguntas sobre la validación del código y el peligro de la dependencia excesiva en la automatización.

La IA ha mejorado el desempeño de los programadores al facilitar y optimizar tareas; no obstante, los niveles altos de confianza identificados en una parte de los participantes evidenciaron un riesgo de dependencia cuando las sugerencias no son validadas de manera crítica. Dicho comportamiento suele ser más habitual en programadores junior, quienes pueden aceptar soluciones generadas por IA con menos cuestionamiento, a su vez, los programadores senior tienden a revisar y ajustar el código. Investigaciones actuales han definido que, si bien la IA puede apoyar el aprendizaje y la eficiencia, una dependencia excesiva puede inhibir el desarrollo de habilidades críticas y la toma de decisiones autónomas, afectando las capacidades de evaluación y análisis profundo (Dávila & Aguero, 2023; Tong, 2025).

6. ¿Crees que el uso constante de IA podría impedirte ejercer tus habilidades fundamentales de programación (lógica, sintaxis y resolución de problemas)?

Figura 6

Impedimento para ejercer las habilidades de programación



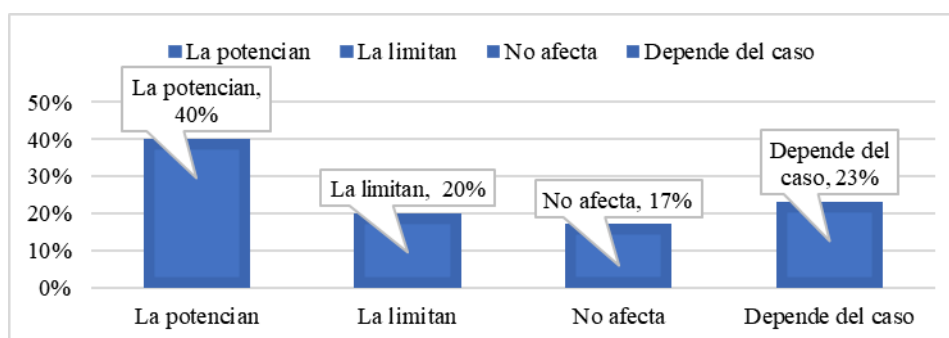
Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

Análisis e interpretación: El 43% sostuvo que la implementación constante de herramientas de IA le resta alguna capacidad básica, en tanto que el 37 % consideró que no hay efectos negativos, lo que reflejó una percepción dividida acerca del impacto de la IA en habilidades esenciales de programación. Esta opinión muestra correlación empírica con investigaciones vigentes donde se ha evidenciado que, en tareas familiares, programadores seniors asistidos por IA tardaron más en completar actividades que aquellos que no la emplearon, debido al tiempo adicional invertido en revisar y corregir sugerencias automatizadas, lo cual puede afectar la práctica de capacidades cognitivas profundas y el pensamiento crítico en tareas manuales complejas. A su vez, estos efectos parecen variar de acuerdo al nivel de experiencia, puesto que la familiaridad con el código y las tácticas de resolución inciden en la manera en que cada programador incluye e inspecciona las recomendaciones de IA (Weisz et al., 2025).

7. ¿Crees que las herramientas de IA representan una restricción o un aliciente a la creatividad que se posee para solucionar problemas de programación?

Figura 7

Restricción o aliciente a la creatividad



Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

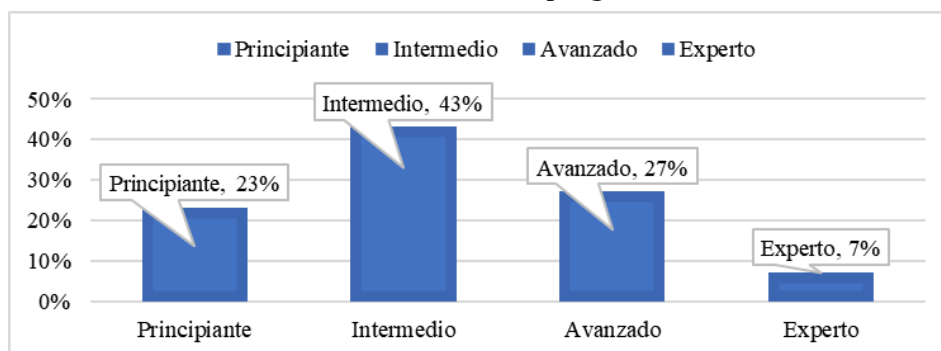
Análisis e interpretación: Hasta un 40% consideró que la IA mejora su creatividad cuando se enfoca en la lógica del problema, mientras que el 20% sintió que la restringe. Esto indicó que hay una división en la percepción en lo que respecta al impacto creativo: algunos desarrolladores son capaces de aprovechar la automatización, mientras que otros sienten que hay una falta de iniciativa y exploración autónomas. Por un lado, se ha demostrado que los asistentes de IA liberan a los programadores de actividades rutinarias, como generar documentación o escribir código, permitiéndoles dedicar mayor tiempo y energía a la ideación de soluciones, diseños de

algoritmos y exploración de marcos innovadores. En contraste, estudios revelan que cuando la IA genera soluciones automáticamente, puede reducir la necesidad de un razonamiento autónomo, disminuyendo la práctica de habilidades cognitivas profundas y limitando la exploración independiente del desarrollador, en especial, en actividades de alto nivel (Holzner et al., 2025; Joshi et al., 2025).

8. ¿Cómo calificaría su nivel de habilidad en la programación?

Figura 8

Nivel de habilidad en la programación



Nota: Resultados de encuesta aplicada a programadores (n = 30), 2025.

Análisis e interpretación: La mayoría de la población encuestada se consideraron programadores en rango intermedio (43%) o avanzado (27%), reflejando una confianza general en sus conocimientos y una disposición a estudiar nuevas tecnologías, como los recursos de IA. No obstante, este resultado necesita un análisis con mayor detalle, pues un cruce entre el nivel de habilidad y las respuestas acerca de la confianza en las herramientas de IA, la dependencia en sus sugerencias y la percepción de la creatividad podría brindar una visión con mayor precisión de cómo los distintos niveles de experiencia influyen en su uso. Por ejemplo, los programadores juniors suelen fiarse ciegamente en las recomendaciones de la IA, mientras que los de nivel senior son más selectivos y críticos en su empleo; dichas tendencias de comportamiento fortalecen la literatura que sugiere que los desarrolladores con más experiencia utilizan la IA como complemento táctico, mientras que los que tienen menos experiencia pueden depender más de ella para actividades rutinarias (Pastor, 2025).

9. ¿Qué ideas tienes sobre el avance y el futuro de la programación con la inclusión de herramientas de IA?

Las respuestas de los entrevistados demostraron que los desarrolladores perciben a la IA como un elemento focal en el futuro de la programación; sin embargo, esta adopción viene acompañada de una preocupación constante por la dependencia. Diversos participantes manifestaron que una automatización excesiva podría limitar su habilidad para escribir, entender o depurar código sin asistencia, coincidiendo con trabajos que advierten que una dependencia sostenida de recursos generativos puede disminuir la práctica independiente de capacidades técnicas esenciales (Coca & Llivina, 2021).

Con respecto a la creatividad, los entrevistados revelaron percepciones divididas; algunos creen que la IA actúa como un aliciente al permitirles centrarse en la lógica del problema y estudiar soluciones con mayor agilidad, mientras que otros perciben que la generación automática de código puede limitar la iniciativa personal y la exploración autónoma. Dicha tensión ha sido documentada en la literatura vigente, donde se indica que la IA puede apoyar procesos creativos cuando se emplea como recurso de co-creación, pero también puede minimizar la diversidad de ideas si domina el proceso generativo de soluciones.

De la misma manera, los cambios en los hábitos de aprendizaje declaran una transición hacia formas más rápidas de adquisición de conocimientos, centradas en la observación y transformación de código generado por IA. Pese a que este enfoque agiliza el aprendizaje práctico, los entrevistados manifestaron preocupación por la pérdida de hábitos investigativos y de entendimiento profundo, en especial en fases tempranas formativas. Investigaciones recientes sobre desarrollo de software advierten que este fenómeno puede afectar la construcción de habilidades de análisis si no existe una inspección consciente del empleo de la inteligencia artificial (Jackson et al., 2025).

Es así que, dichos hallazgos mostraron que el progreso de la programación en la era de la inteligencia artificial es una oportunidad, así como un desafío. De tal modo, resulta esencial promover una formación técnica y con ética que permita a los desarrolladores integrar estos recursos e IA de forma crítica y óptima, considerando sus ventajas sin erosionar la independencia, sus habilidades de análisis y la calidad de la programación.

Análisis bivariado entre el nivel de experiencia y variables clave

Con el propósito de fundamentar de forma empírica las diferencias evidenciadas en los análisis descriptivos, se efectuaron pruebas chi-cuadrado de independencia entre el grado de experiencia del programador y variables clave como el nivel de confianza en las respuestas generadas por recursos de IA y la percepción de mejora en la productividad.

En este sentido, el estudio entre grado de experiencia y nivel de confianza demostró una asociación significativa de forma estadística ($\chi^2 = 10,24$; $gl = 9$; $p = 0.0037$), revelando que el análisis de frecuencias cruzadas permitió detectar que la relación entre las dos variables es inversamente proporcional, puesto que a medida que incrementa el grado de experiencia, se reduce la aceptación directa y automática de las sugerencias generadas por la IA; es decir, los programadores de nivel principiante/intermedio presentan mayores grados de aceptación directa de las recomendaciones de la IA, mientras que los desarrolladores avanzados suelen revisar y ajustar el código antes de implementarlo.

En segundo lugar, se exploró la relación entre el grado de experiencia y percepción de mejora en la productividad, hallando que de igual forma existe una asociación estadística significativa ($\chi^2 = 11,08$; $gl = 9$; $p = 0.026$), siendo inversamente proporcional, ya que, los hallazgos indicaron que los participantes con menos experiencia informan mayores grados de mejora percibida, mientras que los programadores seniors emplean la IA como recurso puntual de apoyo.

Dichos resultados fortalecen de forma cuantitativa las tendencias detalladas en los análisis descriptivos previos, demostrando que el grado de experiencia actúa como una variable moduladora en la percepción y utilización de herramientas de IA en la programación de sistemas.

Igualmente, tomando en cuenta que los participantes del estudio fueron desarrolladores de nacionalidad ecuatoriana, es viable revelar que aspectos formativos y laborales propios del contexto nacional podrían incidir en los hallazgos obtenidos. En Ecuador, la formación en programación suele enlazar enseñanza académica convencional con aprendizaje autodidacta apoyado en herramientas digitales lo que podría explicar la adopción ágil de recursos de IA como apoyo práctico. Del mismo modo, el mercado laboral tecnológico en el territorio nacional, distinguido por elevada demanda de eficacia y optimización de tiempos en proyectos de desarrollo, podría incentivar el empleo habitual de asistentes inteligentes para la mejora de la productividad. Por ende, los resultados se deben interpretar dentro de este plano regional, reforzando el aporte contextual del trabajo.

Amenazas a la validez y confiabilidad del estudio

El presente estudio posee diversas limitaciones que se deben tomar en cuenta al interpretar los hallazgos. Con respecto a la validez interna, al tratarse de un diseño no experimental y de corte transversal centrado en encuestas auto informadas, los datos revelaron percepciones subjetivas de los encuestados, lo que implica que variables como mejora en la productividad o confianza en la IA no se midieron por medio de indicadores objetivos, como métricas de tiempo o de calidad del código, por lo cual, se podría introducir sesgos de sobreestimación o percepción.

Así mismo, en el marco de la validez externa, el grupo poblacional del que se extrajo la muestra fue la de desarrolladores ecuatorianos, por lo que sus resultados se deben contextualizar en el entorno formativo y laboral ecuatoriano; a su vez, aspectos académicos, culturales y digitales pueden inferir en otro contexto, limitando la generalidad directa de los datos recabados.

Además, en cuanto a la validez del constructo, los conceptos explorados se operacionalizaron a través de escalas ordinales de percepción, lo que puede no capturar totalmente la dificultad de constructos como confianza tecnológica o productividad.

Finalmente, en función de la validez de conclusión, pese a que las pruebas estadísticas que se aplicaron demostraron asociaciones significativas entre las variables, dichos enlaces no implican causalidad, dado el enfoque transversal de la investigación.

Conclusiones

El presente estudio evidencia que la IA ha adquirido una función esencial en las prácticas vigentes de desarrollo de software, siendo empleada de manera habitual por los programadores como apoyo para la codificación, resolución de problemas y aprendizaje técnico. En este sentido, la encuesta demuestra que la mayor parte de los participantes percibe una incidencia favorable de los recursos de IA en su productividad, en especial, en tareas rutinarias y de bajo nivel, como autocompletado de código y generación de fragmentos en función de descripciones en lenguaje natural. De este modo, la principal contribución de esta investigación es validar hallazgos internacionales dentro del contexto de Ecuador, demostrando que las tendencias observadas en el ámbito global en torno al uso y confianza en recursos de IA también se visualizan en desarrolladores nacionales, pese a que poseen particularidades propias del ambiente formativo y laboral de la nación.

Sin embargo, los resultados además destacan distinciones importantes de acuerdo al nivel de experiencia del desarrollador. El análisis de asociación por medio de la prueba chi-cuadrado afirma un vínculo estadísticamente significativo entre el grado de experiencia y el nivel de confianza en los recursos de IA, evidenciando que los programadores principiantes e intermedios suelen confiar más en las soluciones generadas por la inteligencia artificial o emplearlas como referencia directa. En este contexto, los desarrolladores avanzados y expertos presentan una utilización más selectiva y crítica, caracterizándose por la revisión, validación y adaptación del código recomendado. Estos resultados sugieren que la experiencia actúa como un elemento modulador del impacto de la IA sobre las capacidades técnicas, usualmente en lo referente al razonamiento lógico, la habilidad analítica y la independencia en la resolución de problemas.

De la misma manera, se identifica un cambio en los hábitos de aprendizaje y búsqueda de información, donde los recursos convencionales, como la documentación técnica y foros especializados, han sido parcialmente desplazados por herramientas de IA que proporcionan respuestas con inmediatez. Si bien este cambio promueve la rapidez y el aprendizaje práctico,

los participantes revelaron preocupaciones acerca de la posible reducción de la exploración autónoma y del razonamiento profundo, lo cual puede afectar el desarrollo sostenido de capacidades técnicas esenciales si no existe una inspección consciente del uso de la inteligencia artificial.

En torno a esto, los resultados reflejan que la IA no sustituye las habilidades técnicas del desarrollador, pero sí incide en la manera en que estas se practican y desarrollan, potenciándolas en diversos contextos y debilitándolas en otros, en especial, cuando se genera dependencia en fases tempranas de formación. Desde esta perspectiva, la incidencia de la IA sobre las capacidades técnicas depende menos del recurso en sí y más del criterio técnico y la experiencia del usuario.

Para trabajos futuros, se recomienda dar profundidad con estudios que contengan muestras más amplias y diseños metodológicos que permitan indagar el progreso de las capacidades técnicas con el tiempo, además de incorporar indicadores de rendimiento, como la calidad del código que generan estos recursos o los tiempos que tarda en brindar respuestas automáticas. Así mismo, es clave explorar tácticas de inclusión pedagógica de la IA en la capacitación de los desarrolladores, focalizadas en el reforzamiento del pensamiento crítico, la independencia y la capacidad de la resolución de problemas, lo que asegura que la inteligencia artificial funcione como una herramienta de apoyo y no como reemplazo del razonamiento técnico por parte del desarrollador de sistemas.

Reconocimientos y Declaraciones

La autora expresa que no fue necesario contar con un financiamiento para elaborar la presente obra investigativa.

La autora declara que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

Referencias

- Alenezi, M., & Akour, M. (2025). AI-driven innovations in software engineering: a review of current practices and future directions. *Applied Sciences*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/app15031344>
- Amin, M., Mathew, S., Khalil, A., Berengueres, J., & Hussain, J. (2024). “¿Me reemplazarán?” evaluación del efecto de ChatGPT en el desarrollo de software y la percepción de los programadores sobre las herramientas de IA. *Science of Computer Programming*, 235(1). <https://doi.org/10.1016/j.scico.2024.103111>
- Barke, S., James, M., & Polikarpova, N. (2022). Grounded Copilot: how programmers interact with code-generating models. *Arxiv*, 3(1). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2206.15000>
- Barragán, X. (2023). Situación de la Inteligencia Artificial en el Ecuador en relación con los países líderes de la región del Cono Sur. *Figempa: Investigación y Desarrollo*, 16(2). <https://doi.org/10.29166/revfig.v16i2.4498>
- Basantes, R. (2023). *Estudio comparativo de las herramientas de IA (Inteligencia Artificial) Code GPT y Github copilot como asistentes de programación en el desarrollo de software* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13900/E-UTB-FAFI-SIST-000409.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bayas, L. (2024). El impacto de la inteligencia artificial en la limitación del desarrollo del pensamiento lógico y crítico en estudiantes universitarios. *ULEAM*, 8(18). <https://doi.org/10.56124/scicam.v8i018.001>

- Bolaño, M., & Duarte, N. (2023). Una revisión sistemática del uso de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Colombiana de Cirugía*, 39(1). <https://doi.org/10.30944/20117582.2365>
- Chen, M., Tworek, J., Jun, H., Yuan, Q., & De Oliveira, H. (2021). Evaluating Large Language Models Trained on Code. *Arxiv*, 2(1). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.03374>
- Coca, Y., & Llivina, M. (2021). *Desarrollo y retos de la inteligencia artificial* (I. Quesada, Ed.; 1st ed.). Editorial Educación Cubana. <https://www.entramar.mvl.edu.ar/wp-content/uploads/2023/09/2-Desarrollo-y-retos-de-la-IA.pdf>
- Csic. (2019, June 3). *El impacto de la Inteligencia Artificial en nuestra sociedad. Retos y oportunidades*. <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-nuestra-sociedad-retos-y-oportunidades>
- Dans, E. (2024, April 18). *El interesante efecto de la IA sobre los desarrolladores*. <https://www.enriquedans.com/2024/04/el-interesante-efecto-de-la-ia-en-los-desarrolladores.html>
- Dávila, R., & Agüero, E. (2023). Desafíos éticos de la inteligencia artificial: implicaciones para la sociedad y la economía. *Conrado*, 19(94). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442023000500137
- Demera, A., Sánchez, A., Franco, M., Espinoza, M., & Santana, G. (2023). Fundamentación teórica de la inteligencia artificial en el desarrollo de aplicaciones móviles en el Instituto de Admisión y Nivelación de la Universidad Técnica de Manabí. *TESLA Revista Científica*, 3(2). <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/223/276>
- Erazo, A., Ramos, F., Galarza, P., & Boné, M. (2023). La inteligencia artificial aplicada a la optimización de programas informáticos. *Ciencia Investigativa Multidisciplinaria*, 3(1). <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n1/61>
- Galván, P. (2023). *Impacto de la Inteligencia Artificial en el Desarrollo de Software*. <https://sg.com.mx/revista/56/inteligencia-artificial-desarrollo-software>
- Guerra, D., & Ruales, F. (2024). ¿Cómo influye el uso de la inteligencia artificial en el desarrollo de software? *Ciencia y Turismo*, 3(4). <https://doi.org/10.33262/ct.v3i4.53>
- Hernández, J. (2022, September 22). *Inteligencia artificial: qué aporta y qué cambia en el mundo del trabajo*. <https://blogs.iadb.org/trabajo/es/inteligencia-artificial-que-aporta-y-que-cambia-en-el-mundo-del-trabajo/>
- Holzner, N., Maier, S., & Feuerriegel, S. (2025). Generative AI and creativity: A systematic literature review and meta-analysis. *Cornell University*, 1(1). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.17241>
- Huet, P. (2024, March 7). *Inteligencia artificial en desarrollo de software: Tendencias emergentes y futuro*. <https://openwebinars.net/blog/inteligencia-artificial-en-desarrollo-de-software/>
- IBM. (2024, October 7). *IA en el desarrollo de software*. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/ai-in-software-development>
- Jackson, V., Vasilescu, B., Russo, D., Ralph, P., Prikladnicki, R., Izadi, M., D'Angelo, S., Inman, S., Andrade, A., & Der, A. (2025). The Impact of Generative AI on Creativity in Software Development: A Research Agenda. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 34(133). <https://doi.org/10.1145/3708523>
- Joshi, O., Mundra, K., & Das, S. (2025). *AI coding assistants in competitive programming: empirical studies from India on human-AI interactions in learning, problem solving, and curiosity development Perspectives*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-99261-2_17
- Kam, M., Miller, C., Wang, M., Tidwell, A., Lee, I., Malyn, J., Perret, B., Tiwari, V., & Kenitzer, J. (2025). What do professional software developers need to know to succeed in an age of Artificial Intelligence? *ACM*, 1(1). <https://doi.org/10.1145/3696630.3727251>

- Klingbeil, A., Grutzner, C., & Schereck, P. (2024). Trust and reliance on AI — An experimental study on the extent and costs of overreliance on AI. *Computers in Human Behavior*, 160(1). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.108352>
- Mikova, K. (2024, December 12). *La verdad sobre el impacto de la IA en el desarrollo de software*. <https://www.appbuilder.dev/es/blog/impact-of-ai-on-software-development>
- Nascimento, N., Alencar, P., & Cowan, D. (2023). Artificial Intelligence vs. Software Engineers: An Empirical Study on Performance and Efficiency using ChatGPT. *ACM*, 1(1). <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/3615924.3615927>
- Passi, S., & Vorvoreanu, M. (2024). Overreliance on AI: literature review. In *Scale Stanford* (Vol. 1, Number 1). <https://scale.stanford.edu/ai/repository/overreliance-ai-literature-review>
- Pastor, J. (2025, February 18). *Los jóvenes programadores ya no saben programar: la IA está provocando ahora lo mismo que provocó la calculadora hace medio siglo*. <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/tenemos-a-primera-profesion-que-ia-ha-cambiado-para-siempre-programadores-no-necesitan-saber-programar>
- Pedraza, J. (2023). *La Inteligencia Artificial en la sociedad: Explorando su Impacto Actual y los Desafíos Futuros* [Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/75068/1/TFG_JAROD_DAVID_PEDRAZA_CARO.pdf
- Pombo, C. (2022, December 7). *Los riesgos de la inteligencia artificial y algunas soluciones*. <https://blogs.iadb.org/conocimiento-abierto/es/riesgos-inteligencia-artificial/>
- Salazar, L., & Velastegui, D. (2024). Inteligencia Artificial y su Impacto en la Psicología Humana: Mini Revisión. *Revistas UTA*, 8(1). <https://doi.org/10.31243/mdc.uta.v8i1.2306.2024>
- Sauvola, J., Tarkoma, S., Klemettinen, M., Riekkki, J., & Doermann, D. (2024). Future of software development with generative AI. *Autom Softw Eng.*, 31(26). <https://doi.org/10.1007/s10515-024-00426-z>
- Serrahima, Á. (2022). *Avances y desafíos de la inteligencia artificial* [Tesis, Universidad Pontificia Comillas]. <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/507551/retrieve>
- Thoughtworks. (2024). *El surgimiento de los codebots: Cómo la inteligencia artificial está cambiando el desarrollo de software*. https://www.thoughtworks.com/content/dam/thoughtworks/documents/report/tw_report_wired_ai_software_development_spanish.pdf
- Tong, A. (2025). *AI slows down some experienced software developers, study finds*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/ai-slows-down-some-experienced-software-developers-study-finds-2025-07-10/>
- Vaithilingam, P., Zhang, T., & Glassman, E. (2022). Expectation vs. experience: evaluating the usability of code generation Tools powered by large language models. *Scite*, 1(1). <https://doi.org/10.1145/3491101.3519665>
- Villacreses, C., Chóez, J., Barreto, J., Figueroa, V., & Pin, L. (2022). La calidad del software asistida mediante inteligencia artificial. *Revista Científica Journal Techinnovation*, 1(1). <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n1.2022.10-21>
- Weber, T., Brandmaier, M., Schmidt, A., & Mayer, S. (2024). Significant Productivity Gains through Programming with Large Language Models. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.*, 8(256). <https://doi.org/10.1145/3661145>
- Weisz, J., Kumar, S., Muller, M., Browne, K., Heintze, E., & Bajpai, S. (2025). *Examining the use and impact of an AI code assistant on developer productivity and experience in the enterprise*. <https://arxiv.org/pdf/2412.06603>
- Xatruch, C. (2025). Desafíos y oportunidades de la inteligencia artificial en la ingeniería de software. *Technology Inside*, 12(1). <https://cpic-sistemas.or.cr/revista/index.php/technology-inside/article/view/110/107>
- Yavich, R. (2025). Will the Use of AI Undermine Students Independent Thinking? *MDPI*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/educsci15060669>

Diseño de pavimentos flexibles por la metodología AASHTO 93 aplicando inteligencia artificial por medio de un GPT personalizado

Flexible Pavement Design Using the AASHTO 93 Methodology and Artificial Intelligence through a Customized GPT Model

Fabricio Antonio Oyola Torres¹ <https://orcid.org/0009-0009-8276-8972>, Paul Javier León Torres¹ <https://orcid.org/0000-0001-6808-830X>, Jorge Humberto Maila Paucar¹ <https://orcid.org/0000-0003-3319-1475>

¹Universidad Central del Ecuador, Ciudad, País
faoyola@uce.edu.ec, pjleon@uce.edu.ec, jhmaila@uce.edu.ec



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

Enviado: 2026/02/25

Aceptado: 2026/05/27

Publicado: 2026/06/15

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad determinar la factibilidad del uso de la inteligencia artificial en el diseño de pavimentos flexibles, mediante la personalización del modelo de OpenAI GPT-5.1, aplicable también para GPT-5.2 y versiones posteriores. Se realizaron cinco casos de diseño, aplicando en cada uno el procedimiento de diseño mediante hojas de cálculo desarrolladas paso a paso, el software DIPAV 3.0 y un modelo de GPT personalizado. Adicionalmente, los espesores adoptados fueron evaluados mediante el método racional a través del software WinDEPAV 2.6. Para cada caso de diseño, y aplicando tanto el modelo GPT 5.1 como el modelo 5.2, se realizaron cinco ejecuciones del prompt de diseño con las variantes Instant y cinco con las variantes Thinking. Para el análisis comparativo, se determinaron los errores medios, absolutos, porcentuales y cuadráticos medios, así como el coeficiente de variabilidad de los resultados de Ejes Equivalentes (ESALs) y los Números Estructurales (SN) obtenidos con IA, en comparación con los resultados generados por el software DIPAV 3.0. Asimismo, para el análisis de los espesores determinados con IA para cada caso, y para cada modelo y variante, dichos resultados fueron evaluados en DIPAV 3.0 para determinar el porcentaje que cumple con el SN requerido.

Palabras clave: Ingeniería civil, chat GPT, análisis comparativo, diseño empírico, evaluación empírico-mecanicista.

Sumario: Introducción, Objetivos, Marco teórico, Metodología, Resultados y Discusión, Conclusiones.

Como citar: Oyola, F., León, P. & Maila, J. (2026). Diseño de Pavimentos Flexibles por la Metodología AASHTO 93 Aplicando Inteligencia Artificial por Medio de un GPT Personalizado. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 103-120. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1439>

Abstract

This research aimed to determine the feasibility of using artificial intelligence in flexible pavement design through the customization of the OpenAI GPT-5.1 model, which is also applicable to GPT-5.2 and later versions. Five design cases were developed, each applying the design procedure through step-by-step spreadsheet calculations, the DIPAV 3.0 software, and a customized GPT model. Additionally, the adopted pavement thicknesses were evaluated using the rational method via WinDEPAV 2.6 software. For each design case, using both the GPT 5.1 and 5.2 models, five runs of the design prompt were performed with the Instant variant and five with the Thinking variant. For the comparative analysis, the mean error, mean absolute error, mean percentage error, and root mean square error were determined, as well as the coefficient of variation of the Equivalent Single Axle Loads (ESALs) and Structural Numbers (SN) obtained using AI, compared with the results generated by the DIPAV 3.0 software. Likewise, the pavement thicknesses determined by AI for each design case, model, and variant were evaluated in DIPAV 3.0 to determine the percentage of designs meeting the required SN.

Keywords: civil engineering, ChatGPT, comparative analysis, empirical design, empirical-mechanistic evaluation.

Introducción

El uso de inteligencia artificial es cada vez más común, incluso en ámbitos profesionales relacionados a la construcción. Programas como Revit y Autocad presentan ahora un asistente virtual dentro del software, llamado Autodesk Assitant, para facilitar su uso. En el diseño de pavimentos, resulta necesario incorporar este avance tecnológico, ya que el desarrollo y el creciente uso de IA indican que esta herramienta formará parte de la vida cotidiana en cualquier ámbito profesional.

Las vías son parte esencial del desarrollo de un poblado, su construcción asegura la comunicación y facilita el comercio, lo que se traduce en una mejora de calidad de vida para sus habitantes.

El diseño de pavimentos en el Ecuador se realiza de acuerdo con la metodología expuesta en la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos de la AASHTO, conocida comúnmente como AASHTO 93. Los diseños paso a paso con el uso de hojas de cálculo, así como la aplicación del software DIPAV 3.0 y el modelo personalizado de GPT están alineados con este procedimiento.

Ante el mencionado creciente uso de IA y considerando que las obras viales, además de garantizar seguridad, requieren de una buena gestión de los recursos públicos, la inclusión de inteligencia artificial como herramienta facilita y optimiza el diseño. Así también, proporciona información de especificaciones técnicas y procedimientos, funcionando como un asistente. Por esta razón, se requiere necesariamente un análisis que permita determinar en qué nivel son aceptables los resultados que proporciona, asegurando de esta manera su uso responsable. En respuesta a ello, en el presente artículo, además de la configuración de un modelo personalizado de GPT disponible mediante la aplicación de ChatGPT, se propone una estructura recomendada para la elaboración del prompt de diseño, así como un procedimiento de análisis de los resultados.

Si bien es cierto, la metodología AASHTO 93 es la aceptada en el país, la aplicación de otro enfoque de diseño mecánicamente más avanzado es muy útil para evaluar los resultados

del método de la AASHTO 93. En este sentido, se aplicó el método empírico-mecanicista incorporado en el software WinDEPAV 2.6, el cual considera los daños más comunes en la estructura del pavimento mediante la determinación de esfuerzos, deformaciones y número de repetición de cargas, por medio de modelos matemáticos. Esto proporciona una perspectiva más realista del comportamiento mecánico del pavimento, en comparación con el enfoque exclusivamente empírico inherente al método de diseño aplicado.

Objetivos

Objetivo General

- Analizar la factibilidad de la aplicación de un modelo personalizado de GPT para el diseño de pavimentos flexibles aplicando la metodología de la guía AASHTO 93.

Objetivos Específicos

- Aplicar el programa especializado de diseño de pavimentos DIPAV 3.0 para el diseño de cinco casos, validando los resultados obtenidos con la aplicación tradicional de la Guía AASHTO 93, y utilizando el programa WinDEPAV 2.6 para la realización un análisis de la metodología AASHTO.
- Configurar y personalizar el modelo de IA conocido como GPT, en su versión 5.1, proporcionando para ello información específica del diseño de pavimentos flexibles en Ecuador.
- Determinar los espesores de las capas del pavimento flexible para los cinco escenarios de diseño analizados, utilizando el modelo personalizado de GPT.
- Analizar mediante herramientas estadísticas los espesores obtenidos en cada caso para cada uno de los tres enfoques de diseño aplicados (aplicación tradicional del método, software especializado y GPT personalizado), orientados a la identificación de diferencias técnicas y a la evaluación de la viabilidad de cada método.

Marco teórico

Diseño de pavimentos flexibles

La metodología para el diseño de pavimentos flexibles, según la Guía AASHTO 93, corresponde a un procedimiento empírico basado en la pista de pruebas AASHO, llevada a cabo entre los años 1958 y 1960 en el estado de Illinois de los Estados Unidos. La prueba consistió en la construcción de una vía con tramos de pavimento flexible y rígidos que se exponía a condiciones de tráfico y clima simulando la realidad. A partir de esto, se obtuvieron fórmulas empíricas útiles para el diseño del pavimento y se sentaron las bases para definiciones de serviciabilidad, confiabilidad y vida útil.

Procedimiento de diseño AASHTO 93

Consiste en la determinación del Número Estructural o SN a partir de la siguiente ecuación de la AASHTO para pavimentos flexibles (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993):

$$\log_{10} w_{18} = (Z_r * S_o) + (9.36 * \log_{10}(SN + 1)) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + (2.32 * \log_{10} Mr) - 8.07$$

Para determinar el valor final del SN, se debe iterar la ecuación mostrada a partir de un SN inicial asumido, el cual se ajusta hasta lograr la igualdad. Las variables que intervienen en la

ecuación son las siguientes: “W18”, que se refiere a los ejes equivalentes al final del periodo de diseño, correspondientes a ejes de 18 kips u 8.2 toneladas, y que equivalen al total de los ejes de todos los tipos de vehículo que circularon sobre la vía durante dicho periodo; “Zr”, corresponde a la desviación estándar normal para un nivel de confiabilidad R, de acuerdo con la clasificación funcional de la vía; “So”, o error estándar combinado, cuyo valor depende del tipo de pavimento; “ΔPSI”, que se refiere a la variación del índice de serviciabilidad y puede estimarse a partir de la clasificación funcional de la vía o determinarse de manera directamente mediante el Índice internacional de Rugosidad u otros indicadores similares que permitan analizar el nivel de confort que la vía presenta a los usuarios; y “Mr”, se refiere al módulo resiliente de la subrasante, el cual se puede obtener directamente mediante ensayos como el triaxial dinámico, o estimarse mediante ecuaciones de correlación con el CBR.

En la iteración, cada vez que se cambia el valor del SN con el nuevo valor obtenido, es necesario volver a calcular los ejes equivalentes “W18”, ya que, además del TPDA, el factor de crecimiento y factores de distribución por carril y dirección, dichos ejes equivalentes dependen de los denominados Factores de Carga Equivalente o LEFs. Estos factores varían en función del tipo de pavimento, la carga por eje de cada vehículo, la serviciabilidad final y el valor del SN asumido. Por ello, se requiere el recálculo del “W18” hasta que el SN, adoptado en el cálculo de los LEFs, sea igual al SN resultante de la iteración de la ecuación.

Una vez satisfecha la ecuación, los valores de SN para cada capa del pavimento se obtienen al reemplazar en la ecuación mostrada el módulo resiliente “Mr” correspondiente a cada una de ellas. Los coeficientes estructurales de cada capa “ai” se determinan mediante las gráficas del capítulo 2.3.5 de la Guía AASHTO 93, a partir del CBR o el MR. Por su parte, los coeficientes de drenaje de cada capa “mi” pueden determinarse mediante ensayos de permeabilidad en cada capa o estimarse en función de la calidad de drenaje y del tiempo durante el cual el pavimento permanece expuesto a condiciones cercanas a la saturación, aplicando entonces la respectiva tabla del capítulo 2.4.1 de la Guía AASHTO 93.

Para determinar el espesor de cada una de las capas, se parte del aporte estructural de cada capa representado por su correspondiente SN, y luego se aplican los coeficientes estructurales y de drenaje. Para el cálculo del espesor de la primera capa superior, correspondiente a la carpeta asfáltica, se utiliza el SN de la capa inferior con el coeficiente estructural de la carpeta para obtener el espesor requerido. A partir de este valor, se adopta un espesor final y se corrige el SN, con el fin de calcular el espesor de la capa subyacente. Para las demás capas, a excepción de la carpeta asfáltica, se considera el coeficiente de drenaje, ya que este corresponde a la unidad debido a que la carpeta debe ser impermeable.

DIPAV 3.0

Es un software desarrollado por el Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón (IBCH) para el diseño de la estructura de pavimentos flexibles, rígidos y articulados, basado en la metodología AASHTO 93. Este software calcula los espesores requeridos y evalúa combinaciones de espesores adoptados, verificando cumplan con el requerimiento estructural de la subrasante al comparar que el SN resultante total sea superior al SN de la subrasante (Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, 2025).

Además, el software puede calcular el módulo resiliente de diseño a partir de módulos resilientes estacionales a lo largo de la vía. Así también, puede calcular los ejes equivalentes “W18” o ESALs a partir de información específica del tráfico, como el TPDA durante el periodo de diseño según el tipo de vehículo, el porcentaje de tráfico correspondiente al carril de diseño,

que en este caso es el producto entre el factor de distribución por carril y direccional, y los tipos de ejes de cada vehículo con sus respectivas cargas en toneladas. Adicionalmente, requiere un valor inicial de SN, el cual deberá ser cambiado hasta que sea igual al valor determinado por la ecuación recalculando los ESALs.

IA y modelo personalizado de GPT

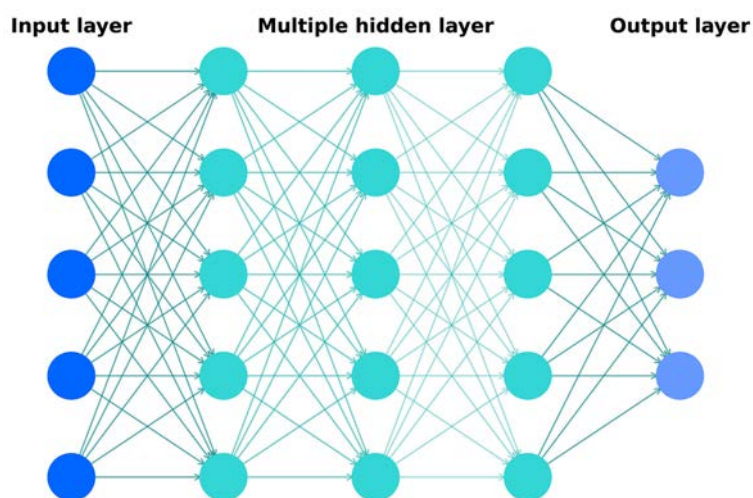
La inteligencia artificial o IA es un sistema computacional desarrollado con el fin de realizar tareas de alta dificultad asociadas a la inteligencia humana, como reconocimiento de patrones, procesamiento de lenguaje común, aprendizaje, priorización de tareas y similares. Un GPT es un modelo de IA basado en un modelo largo de lenguaje o LLM, este funciona a partir de redes neuronales artificiales autoajustables en el preentrenamiento que analizan y convierten información de entrada en resultados óptimos probabilísticos (Oyola, 2026).

Una red neuronal artificial simula de manera simplificada al cerebro humano. Los nodos se conocen como neuronas que se organizan en capas de acuerdo con la función de transformación que cada una realiza sobre los datos de entrada. Cada neurona toma los datos de entrada de otra neurona, las conexiones entre ellas tienen pesos o ponderaciones que indican la influencia de cada neurona respecto a la otra y sesgos que son valores que ajustan la salida para optimizar el modelo. En el preentrenamiento, al dotar al modelo de información que corresponde a datos de entrada junto con sus datos de salida, la red neuronal ajusta los pesos y sesgos que se requieren para que los datos de entrada coincidan con los datos de salida; de esta manera, al usar el modelo, el algoritmo ha sido optimizado para que muestre la respuesta que tiene la mayor posibilidad de dar resultados correctos según los datos del preentrenamiento.

A continuación, se muestra un esquema de una red neuronal artificial. Los círculos representan los nodos o neuronas, su agrupación vertical representan las capas y las líneas, mediante las cuales se unen, representan los parámetros, que son los pesos y sesgos mencionados anteriormente. Las capas intermedias, también denominadas ocultas, organizan las neuronas de acuerdo con la función de transformación que aplican a las neuronas de entrada, las cuales pueden corresponder tanto a datos de entrada como a información proveniente de neuronas de otras capas.

Figura 1

Esquema de una Red Neuronal Artificial



Nota: Se muestran las capas de la red neuronal profunda (Fangfang, L., 2025).

Un modelo personalizado de GPT se refiere a una opción de ChatGPT que permite especializar un modelo de IA en una tarea específica. Esta opción se encuentra disponible en las cuentas de pago de la plataforma. La personalización no requiere de escritura de código, sino la carga de archivos a partir de los cuales se extrae la información. Para ello, durante la creación del modelo, se adjuntaron la guía de diseño AASHTO 93, las especificaciones MOP-001-F-2002 (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2002), para verificar que los materiales cumplan con los requerimientos establecidos, así como la norma de diseño geométrico MOP 2003, utilizada para la clasificación funcional de la vía en función del TPDA (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2003). Adicionalmente, se incorporó el procedimiento de diseño paso a paso.

A continuación, se presenta el enlace para acceder al modelo personalizado, el cual fue nombrado como “PAVUCE_IA”: <https://chatgpt.com/g/g-68b7d783830c8191b1db1050a3e9e5b6-pavuce-ia>

El uso de IA en el diseño de pavimentos no está muy documentado. En la actualidad, la mayoría de su aplicación se enfoca en la evaluación del pavimento. Proyectos como el SIMEPU en España buscan aplicar IA para desarrollar metodologías de evaluación automática del pavimento (Universidad Politécnica de Valencia, 2020).

WinDEPAV 2.6

Es un software libre con enfoque mecanicista-empírico, para el diseño y evaluación de pavimentos. El programa fue desarrollado en el Instituto de Vías de la Universidad del Cauca (Vásquez Varela, 2018).

El método racional aplicado en el programa se fundamenta en la teoría elástica y, a través de modelos empíricos, determina los ejes equivalentes que serán suficientes para producir daños por tracción en la parte inferior de la carpeta asfáltica y daños por compresión asociados al ahuellamiento en las capas granulares. Esto permite conocer si el pavimento resistirá los ejes equivalentes previstos al final del periodo de diseño o fallará antes. A diferencia de metodologías como la implementada en el software internacional “ME-PAVE” (Ahmed S, Sherif M y Alaa R, 2021), que requiere de gran cantidad de datos, e incluso en el software latinoamericano “IMP-PAVE 3.2” (Instituto Mexicano de Transporte, 2022), que demanda de espectros de carga difíciles de obtener debido a los equipos que se requieren, WinDEPAV incorpora modelos que se pueden aplicar en función de las condiciones del proyecto, lo que facilita la aplicación de un modelo racional.

El programa resulta de gran utilidad para evaluar los diseños obtenidos a partir de la metodología AASHTO 93. Para su aplicación, se requiere ingresar información de los módulos resilientes de las capas en unidades de kilogramos-fuerza sobre centímetro cuadrado, así como sus correspondientes coeficientes de Poisson, los cuales pueden estimarse a partir de correlaciones con el tipo de material y el módulo resiliente. Así también, se requiere incorporar el espesor de las capas en centímetros, los ejes equivalentes al final del periodo de diseño y seleccionar, para cada capa, un modelo para el cálculo de los daños. Al ejecutar el software, el factor de daño debe ser inferior a 1, lo que indica que el pavimento llegará al final del periodo de diseño sin los daños considerados en sus capas.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se realizaron cinco casos de diseño, los cuales partieron de un enfoque metodológico cuantitativo debido a la gran cantidad de datos numéricos y procedimientos matemáticos. El alcance fue descriptivo y comparativo, ya que en cada caso se presentaron y describieron las variables dependientes, como ejes equivalentes, número estructural y espesores de las capas, además, se compararon entre sí de acuerdo con los enfoques aplicados (paso a paso, software de diseño y uso de IA). El método empleado fue el deductivo-analítico, puesto que se tomaron como referencias marcos teóricos existentes, tales como guías de diseño, especificaciones de materiales y normas, cuya aplicación permitió llevar a cabo el diseño del pavimento. Finalmente, los resultados obtenidos fueron analizados mediante herramientas estadísticas.

Para el desarrollo del proyecto, se partió de la recopilación de datos provenientes de cinco tesis disponibles en el repositorio de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la Universidad Central del Ecuador, con el propósito de representar cinco diferentes casos de diseño. Posteriormente, se configuró un modelo personalizado de GPT mediante la aplicación del chatbot de OpenAI, ChatGPT, utilizando el modelo GPT-5.1. Durante esta etapa, se realizaron pruebas de prompt y redacción de procedimientos con la finalidad de obtener los mejores resultados. Para cada caso, se aplicó paso a paso la metodología de la Guía AASHTO 93 mediante el uso de hojas de cálculo. Posteriormente, se utilizó el software DIPAV 3.0 para verificar los resultados obtenidos. Asimismo, el diseño fue desarrollado mediante el modelo personalizado de GPT (para GPT-5.1 y GPT-5.2) y los resultados se compararon a partir de la verificación del SN de cada capa para cada caso y enfoque de diseño. Finalmente, los espesores obtenidos en cada caso fueron evaluados mediante el software WinDEPAV 2.6, con el fin de incorporar un enfoque empírico-mecanicista a los resultados obtenidos a través de la metodología AASHTO 93.

Casos de diseño

A continuación, se presentan los temas correspondientes a cada caso de diseño, así como el clima predominante en el sitio del proyecto y el tipo de vía asociado al tramo con mayor TPDA, a partir del cual se realizaron los diseños. Los tipos de vías se muestran según diversas clasificaciones requeridas para el procedimiento de diseño.

Tabla 1
Casos de diseño

CASO DE DISEÑO	TEMA	CLIMA	TIPO DE VÍA
1	“Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, provincia de Napo” (Maila & Neptalí, 2017)	Cálido-húmedo subtropical con 200 días estimados de lluvia	Según MOP 2003: caminos vecinales de clase IV Según AASHTO 93: vías locales y vías pavimentadas de bajo volumen de tráfico Según MOP-001-F-2002 por la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) el tráfico es liviano
2	“Alternativas de diseño para las vías de acceso a Nayón con una distancia aproximada de 6.72 km, ubicadas en la Parroquia Rural de Nayón Distrito Metropolitano de Quito” (Fraga & López, 2023)	Templado y semihúmedo con 160 a 180 días estimados de lluvia	Según MOP 2003: caminos vecinales de clase IV Según AASHTO 93: vías locales y vías no pavimentadas de bajo volumen de tráfico Según MOP-001-F-2002 por el IMDP: vía de tráfico liviano

CASO DE DISEÑO	TEMA	CLIMA	TIPO DE VÍA
3	“Diseño de pavimento flexible para la reconstrucción de las vías: Av. Samuel Cisneros (1.758 km), Av. Principal 5 de junio (1.240 km), Av. Jaime Nebot (1.380 km), Av. Juan León Mera (2.620 km), Vía de Acceso 2M (0.247 km), de la parroquia Eloy Alfaro cantón Durán provincia del Guayas” (Loja & Sarmiento, 2018)	Cálido-semihúmedo subtropical con 59 días estimados de lluvia	Según MOP 2003: corredor arterial Según AASHTO 93: arteria principal y vía urbana de alto volumen de tráfico Según MOP-001-F-2002 por el IMDP: vía de tráfico muy pesado
4	“Diseño de la vía Abdón Calderón y extensión de la calle Atahualpa en las parroquias Nayón y Cumbayá, cantón Quito, provincia de Pichincha” (Labre & Santamaría, 2022)	Ecuatorial mesotérmico semihúmedo (Nayón) y Subtropical (Cumbayá), con 226 y 245 días de lluvia estimados respectivamente	Para la vía de mayor tráfico: Según MOP 2003: vía colectora de clase I Según AASHTO 93: vía colectora rural y vía pavimentada de bajo volumen de tráfico Según MOP-001-F-2002 por el IMDP: vía de tráfico medio
5	“Alternativas de diseño de la vía Tulipe-Las Tolas (longitud 6 km) en la parroquia de Guallea, cantón Quito, provincia de Pichincha” (Solís & Zhunio, 2022)	Cálido-húmedo con 233 días estimados de lluvia	Según MOP 2003: vía colectora de clase III Según AASHTO 93: vía colectora rural y vía no pavimentada de bajo volumen de tráfico Según MOP-001-F-2002 por el IMDP: vía de tráfico pesado

En la Tabla 2 se presentan los parámetros de diseño necesarios para el cálculo de los ESALs, SN y espesores de las capas del pavimento para cada caso de diseño.

Tabla 2
Datos de diseño

Parámetros de diseño		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Pt	Serviciabilidad final	2.00	2.00	2.50	2.50	2.00
Parámetros de diseño (continuación)		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Po	Serviciabilidad inicial	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
Δ PSI	Variación de serviciabilidad	2.20	2.20	1.70	1.70	2.20
Zn	Desviación normal estándar	-0.524	-0.841	-1.645	-1.037	-0.841
So	Error estándar combinado	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
N	Periodo de diseño	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años
r	Tasa de crecimiento	2.43 % (todos los vehículos)	Buses: 1.73 % Camiones: 1.75 %	Buses: 0.74 % Camiones: 6.19 %	4.90 % (todos los vehículos)	7.925 % (todos los vehículos)

Parámetros de diseño		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
TPDA actual	Transito promedio diario anual al inicio del estudio	Bus 2DB: 11 veh/día Camión 2DA: 8 veh/día Camión 3A: 4 veh/día Volqueta V3A: 2 veh/día	Bus 2DB: 6 veh/día Camión 2DB: 7 veh/día	Bus 2DB: 923 veh/día Camión 2DA: 25 veh/día Camión 2DB: 6 veh/día Camión 3A: 5 veh/día Tractocamión 3S3: 2 veh/día	Bus 2DB: 22 veh/día Camión 3A: 5 veh/día Camión 2DB: 45 veh/día	Bus 2DB: 2 veh/día Camión 2D: 59 veh/día Camión 2DB: 5 veh/día
Mr	Módulo resiliente a partir del CBR	Carpeta asfáltica: 210,000 psi Subbase C3: 16,500 psi Mejoramiento: 15,233.77 psi Subrasante: 7,200 psi	Carpeta asfáltica: 210,000 psi Base C1: 28,780 psi Subbase C1: 16,700 psi Subrasante: 19,351.05 psi	Carpeta asfáltica: 469,000 psi Base C3: 29,560 psi Subbase C3: 18,190 psi Mejoramiento: 15,165.65 psi Subrasante: 3,585 psi	Carpeta asfáltica: 393,000 psi Base C3: 28,780 psi Subbase C3: 14,730 psi Subrasante: 9,150 psi	Carpeta asfáltica: 411,000 psi Base C4: 28,780 psi Subbase C3: 14,730 psi Subrasante: 13,752.16 psi
a_i	Coefficientes estructurales de capa	a_1 : 0.300 a_2 : 0.119 a_3 : 0.025	a_1 : 0.300 a_2 : 0.134 a_3 : 0.120	a_1 : 0.449 a_2 : 0.137 a_3 : 0.128 a_4 : 0.035	a_1 : 0.411 a_2 : 0.133 a_3 : 0.109	a_1 : 0.420 a_2 : 0.133 a_3 : 0.109
m_i	Coefficiente de drenaje	m_2 : 1.00 m_3 : 1.00	m_2 : 1.00 m_3 : 1.00	m_2 : 1.15 m_3 : 1.00 m_4 : 1.00	m_2 : 1.00 m_3 : 1.00	m_2 : 1.00 m_3 : 1.00

Estructura del Prompt

Para la obtención de los resultados mediante el modelo personalizado, se utilizó el siguiente prompt o indicación en el primer caso de diseño:

“Diseña un pavimento flexible de tres capas (carpeta asfáltica, subbase clase 3 y capa de mejoramiento en ese orden de colocación desde arriba hacia abajo) de acuerdo con la Guía AASHTO 93 con los siguientes datos:

- Módulo de elasticidad del hormigón asfáltico de 210000 psi; subbase clase 3 con CBR de 39 % correspondiente a un módulo resiliente de 16500 psi; capa de mejoramiento con CBR de 32 % correspondientes a 15233.77 psi de módulo resiliente y CBR de subrasante de 4.8 % correspondientes a un módulo resiliente de 7200 psi.

Serviciabilidad inicial y final de 4.2 y 2.0 respectivamente

Confiabilidad de 70 % con $Z_r = -0.524$

Desviación estándar (S_o) de 0.45

Los coeficientes estructurales de capa (a_i) son: para "a1" correspondiente a la carpeta asfáltica de 0.300, para "a2" correspondiente a la subbase clase 3 de 0.119 y para la capa de mejoramiento "a3" de 0.025. En cuanto a los coeficientes de drenaje ten en cuenta que en el lugar del proyecto se tiene una buena calidad de drenaje y llueve en promedio 200 días al año.

Determina los ejes equivalentes totales (ESALs) de 8.2 ton. de la AASHTO y muéstrame su procedimiento teniendo en consideración que se tiene un TPDA de 11 vehículos/día para el caso del bus 2DB, 8 veh/día del camión 2DA, 4 veh/día del camión 3A y 2 vehículos al día de la volqueta V3A; considera además una tasa de crecimiento de 2.43 % para todos los tipos de

vehículos y un periodo de diseño de 20 años.

De acuerdo con el TPDA futuro clasifica la vía según los criterios de la MOP 2003 y considera para el cálculo de los ESALs que el factor de distribución por carril es de 100 % y direccional es de 50 %

Para el cálculo de los factores equivalentes de carga (LEFs) usa la ley de la cuarta potencia y los pesos de los tipos de vehículos según la tabla de pesos y dimensiones de Ministerio de Transporte y Obras Públicas presentes también en las normas NEVI-12 en el Volumen 2A. Esto es para el presente caso: bus 2DB (1 eje delantero de 7 ton y trasero de 11 ton), camión 2DA (1 eje delantero de 3 ton y trasero de 7 ton), camión 3A (1 eje delantero de 7 ton y trasero tándem de 20 ton) y volqueta V3A (1 eje delantero de 7 ton y trasero tándem de 20 ton)

Calcula también el TPDA futuro al final del periodo de diseño

Determina el número estructural necesario de la subrasante y de las capas granulares y los espesores necesarios de las capas en unidades de pulgadas y centímetros, muestra sus respectivos cálculos, muestra también espesores finales tomando en consideración los espesores mínimos recomendados en la Guía AASHTO de manera que se cumpla con el número estructural requerido y que además se cumpla con el criterio económico de asignar mayor espesor a las capas de menor costo; muestra un reporte que indique si los materiales utilizados en la estructura cumplen con las especificaciones de la normativa MOP 001F: 2002 y muestra una tabla de los números estructurales y los espesores requeridos mediante el cálculos y los adoptados según las consideraciones que te indique.” (Oyola, 2026).

El prompt presentado permitió obtener resultados satisfactorios en el diseño. En cada caso se mantuvo la misma estructura, variando los datos correspondientes a cada diseño. Los resultados obtenidos mediante este procedimiento siempre siguieron un mismo procedimiento de cálculo. La extensión del prompt resultó necesaria debido a que el modelo de IA requiere de información detallada y precisa sobre lo que debe de hacer y cómo lo debe hacer. Por el contrario, proporcionar información ambigua o suprimir datos importantes en el diseño pudo ocasionar que el modelo asuma datos incorrectos, equivocándose en la mayoría de los casos.

En cada caso de diseño, para cada modelo y cada variante se realizaron cinco ejecuciones del prompt. Se consideraron los primeros resultados de cada ejecución, sin solicitar correcciones al modelo ante posibles errores, de manera que la intervención humana en la obtención de los resultados se limite exclusivamente a la ejecución del prompt.

En el caso del modelo GPT-5.1, se trabajó con las variantes Instant y Thinking, configurando esta última con la opción de pensamiento estándar, ya que el pensamiento ampliado presentaba errores al no mostrar ninguna respuesta. En cuanto al modelo GPT-5.2, se utilizaron las variantes Instant y en la variante Thinking se configuró el pensamiento ampliado, pues en dicha actualización no se presentaban errores de respuestas.

Resultados y Discusión

Procedimiento paso a paso vs resultados con DIPAV 3.0

A continuación, se presentan y analizan los resultados obtenidos de los ESALs, SN y espesores de las capas en cada caso de diseño, aplicando el procedimiento de la AASHTO 93 de manera tradicional y paso a paso mediante el uso de hojas de cálculo, así como los resultados mediante la aplicación del software DIPAV 3.0:

Tabla 3

Resultados obtenidos aplicando el procedimiento paso a paso con hojas de cálculo y resultados obtenidos con el uso de DIPAV 3.0

Resultados		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
ESALs	Paso a paso	392,759.08	245,734.53	15,629,842.83	1,605,451.10	288,297.64
	DIPAV 3.0	374,106.00	265,048.00	15,480,059.00	1,671,988.00	318,513.00
	Error absoluto medio porcentual (%)	4.99	7.29	0.97	3.98	9.49
SN requerido	Paso a paso	2.59	1.75	6.96	3.34	2.05
	DIPAV 3.0	2.58	1.77	6.96	3.37	2.08
	Error absoluto medio porcentual (%)	0.52	1.18	0.05	0.90	1.40
Espesores D	Paso a paso = DIPAV 3.0	Carpeta asfáltica: 10.16 cm = 4 pulg. Subbase C3: 25 cm Mejoramiento: 25 cm TOTAL: 60.16 cm	Carpeta asfáltica: 6.35 cm = 2.5 pulg. Base C1: 10 cm Subbase C1: 15 cm TOTAL: 31.35 cm	Carpeta asfáltica: 15.24 cm = 6 pulg. Base C3: 20 cm Subbase C3: 40 cm Mejoramiento: 80 cm TOTAL: 155.24 cm	Carpeta asfáltica: 7.62 cm = 3 pulg. Base C3: 15 cm Subbase C3: 32 cm TOTAL: 54.62 cm	Carpeta asfáltica: 6.35 cm = 2.5 pulg. Base C4: 10 cm Subbase C3: 15 cm TOTAL: 31.35 cm

Como se observa, los espesores de diseño adoptados en cada caso son los mismos al aplicar el procedimiento paso a paso y al utilizar DIPAV 3.0. Esto se debe a que la misma combinación de espesores definida en el procedimiento paso a paso satisfacía el requerimiento estructural del SN en el software, ya que el SN requerido apenas varía en ambos casos.

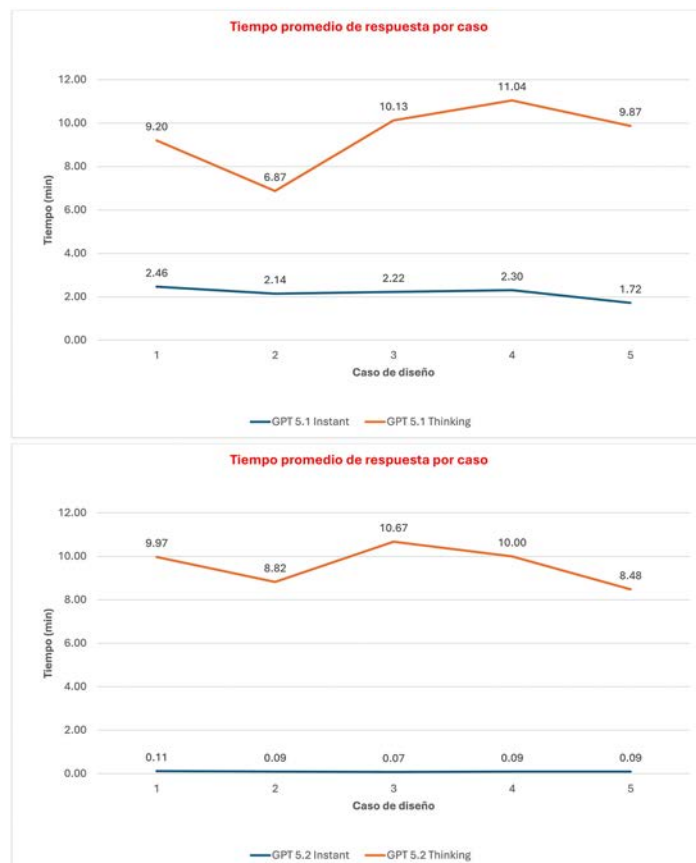
En el cálculo de los ESALs, el procedimiento manual desarrollado paso a paso presentó un error medio de 5.34 % con respecto a los resultados de DIPAV. Los valores registraron variaciones en un rango porcentual comprendido entre 0.97 % a 9.49 %. Considerando que los valores de ejes equivalentes están en el orden de cientos de miles e incluso decenas de millones, los errores son aceptables.

En cuanto a los números estructurales SN, el error en promedio de todos los casos fue de 0.81 %, variando en un rango de 0.05 % a 1.40 %, lo que indicó que los resultados son aceptables, confirmando que el error presente en los ESALs es admisible.

Tiempos de respuesta

En este apartado se analizan los tiempos que tardó el modelo personalizado de GPT para dar una respuesta. A continuación, se presentan dos gráficas correspondientes a los tiempos medios de respuesta de cada caso utilizando el modelo GPT-5.1 y el modelo 5.2 en sus dos variantes respectivas.

Figura 2
Tiempos de respuestas de cada modelo y variante aplicada



Nota: Los tiempos medios de cada caso y para cada modelo y variante se obtuvieron de 5 ejecuciones del prompt (Oyola, 2026).

El modelo GPT-5.2 presentó tiempos de respuesta más uniformes, es decir, el tiempo que demoró en dar una respuesta fue similar en cada ejecución del prompt. El modelo GPT-5.1, en su variante Instant, tardó en promedio 2 min 10 s mientras que el de su variante Thinking fue de 9 min 25 s; sin embargo, evidenció una baja uniformidad debido al coeficiente de variabilidad de 16.69 %.

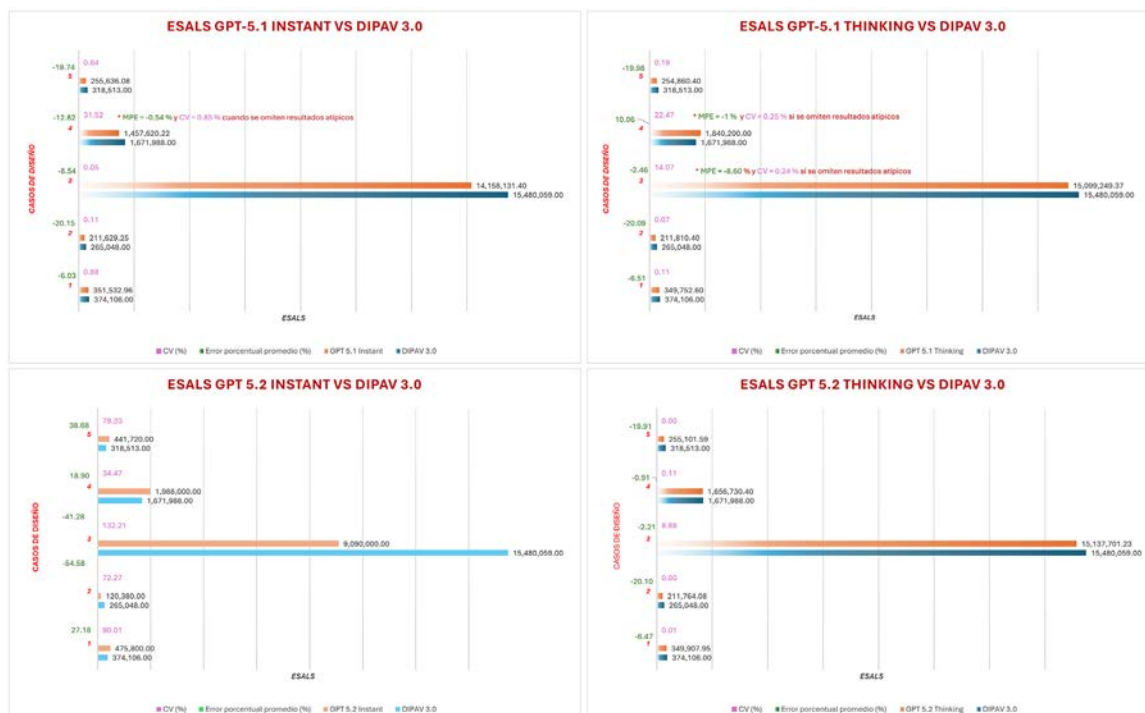
Por otro lado, el modelo GPT-5.2, en su variante Instant, demoró en promedio 5.4 s, pero presentó una variabilidad de tiempo de respuesta del 15.50 %, mientras que la variante Thinking tardó en promedio 9 min 35 s y mostró la menor variabilidad de 9.49 %; por tanto, se determinó que el modelo más rápido fue el GPT-5.2 Instant y considerando el tiempo de análisis y las respuestas brindadas, el modelo GPT-5.2 Thinking fue el más adecuado.

ESALs obtenidos con IA

En los siguientes párrafos, se presentan y analizan los resultados correspondientes a los ejes equivalentes, también llamados W18 o ESALs, y se comparan con los hallazgos obtenidos mediante el software DIPAV 3.0, el cual se toma como referencia debido a que proporciona resultados más exactos al trabajar con mayor cantidad de decimales. Previamente, se demostró que los resultados obtenidos en el software presentan un alto nivel de aprobación; es decir, son aceptables al compararse con los derivados del procedimiento paso a paso, en el cual se produce una pérdida debido a la conversión de cargas y similares, situación que no ocurre con el programa.

Figura 3

ESALs obtenidos en el modelo personalizado de IA para cada caso, modelo y variante



Nota: Los ESALs medios de cada caso y para cada modelo y variante se obtuvieron de 5 ejecuciones del prompt (Oyola, 2026).

Todos los modelos y variantes en promedio subestimaron los valores de ESALs respecto a los resultados de DIPAV 3.0, esto se comprobó al presentar errores medios negativos. El modelo GPT-5.2 Thinking evidenció un error absoluto medio porcentual o MAPE de 11.09 % en los ESALs, seguido del modelo GPT-5.1 Instant con 13.52 % y su variante Thinking con 13.91 %. El modelo GPT-5.2 Instant fue el menos exacto para el cálculo de ESALs al mostrar 57.72 % de errores.

Considerando como atípicos a los resultados superiores al 30 % de la media de los demás valores, el modelo 5.1 presentó cuatro resultados atípicos en su variante Instant y ocho en su variante Thinking. Por otro lado, el modelo 5.2, en su variante Instant, fue el que mostró más resultados atípicos de todos los modelos, con un total de 32 valores. Esto se verificó al registrar un error cuadrático medio o RMSE de 5.6 millones de ESALs, correspondiente al valor más alto de este parámetro estadístico al compararse con los demás modelos y variantes. Dicho parámetro indicó la gran frecuencia en la ocurrencia de errores de gran magnitud.

El modelo GPT-5.2 Thinking fue el que evidenció menor variabilidad en sus resultados, siendo su coeficiente de variabilidad en promedio de apenas el 1.80 %, seguido por un 6.68 % en el modelo GPT-5.1 Instant y de 7.38 % en el GPT-5.1 Thinking. Por otro lado, el modelo GPT-5.2 Instant presentó 81.44 % lo que indicó una excesiva variabilidad en sus resultados; es decir, en cada ejecución del prompt los resultados de ESALs se modificaron considerablemente.

SN obtenidos con IA

A continuación, se presentan los resultados de los Números Estructurales medios o SN obtenidos mediante el modelo personalizado de IA para cada modelo y sus respectivas variantes. Es necesario mencionar que, al existir una relación directa entre ESALs y SN, se esperaba un

comportamiento lineal de los resultados; es decir, que, si en un caso los ESALs se reducían, el valor de SN también debía disminuir. Esto no sucedió en el modelo GPT-5.1 en ninguna de sus variantes.

Figura 4
SN obtenidos en el modelo personalizado de IA para cada caso, modelo y variante



Nota: Los SN medios de cada caso y para cada modelo y variante se obtuvieron de 5 ejecuciones del prompt (Oyola, 2026).

En el caso del número estructural o SN, el modelo que mostró menos errores fue el GPT-5.2 Thinking, ya que tuvo un error medio absoluto porcentual de 1.91 %, le siguió el modelo GPT-5.1 Thinking con 2.71 %. Las variantes Instant de los modelos presentaron los mayores errores, siendo de 9.65 % en el caso de GPT-5.1 Instant y llegando a 28.99 % en la misma variante para el modelo GPT-5.2; por lo tanto, este último es el menos adecuado para el cálculo del SN.

En cuanto a la uniformidad de los resultados en cada ejecución del prompt, el modelo GPT-5.2 Thinking evidenció la menor variabilidad con un coeficiente de variación de 0.22 %, seguido de 1.96 % para la misma variante del modelo 5.1 y, finalmente, siendo de 12.55 % y de 13.50 % para las variantes Instant de los modelos 5.1 y 5.2 respectivamente.

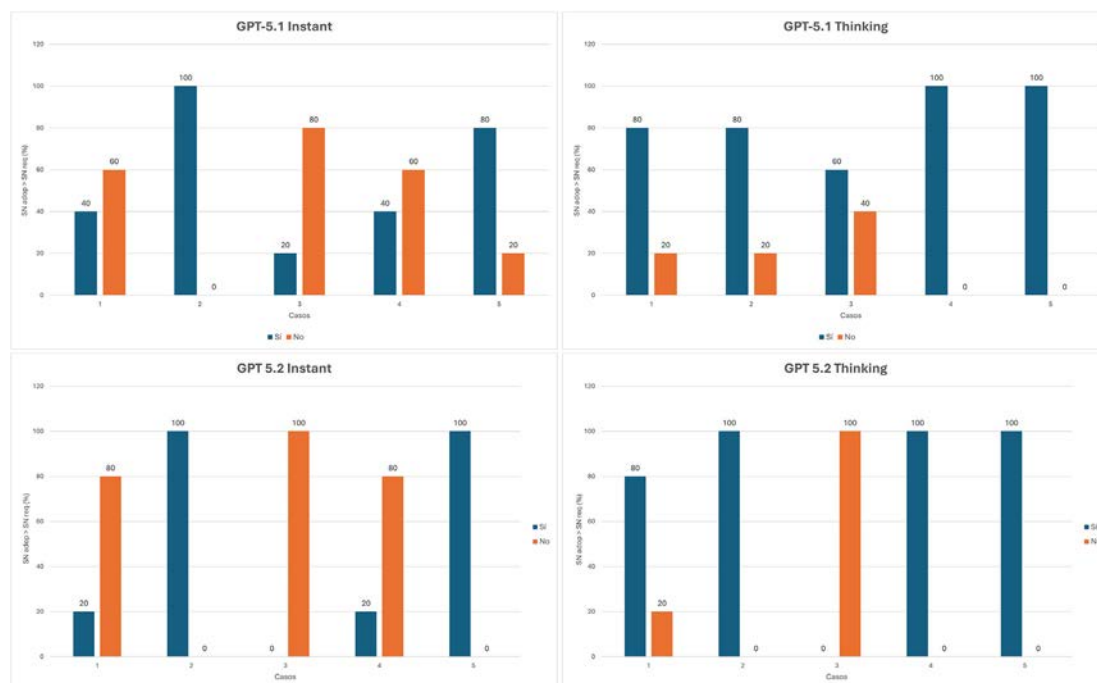
Espesores obtenidos con IA

Para el análisis de espesores se consideró que en el diseño de pavimentos no existe una sola respuesta válida, sino que varias combinaciones de espesores pueden satisfacer el requerimiento del SN de la subrasante. En este sentido, se tomaron en cada caso de diseño, para cada modelo y su variante, las combinaciones de espesores que se obtienen del modelo personalizado “PAVUCE_IA” y se verificó, con la ayuda del software DIPAV 3.0, si las combinaciones propuestas por el modelo de IA presentaron un SN total superior al SN requerido en cada caso según DIPAV 3.0, siendo esta condición el requerimiento estructural esencial en el diseño del pavimento.

Para cada caso, y así como para cada modelo y variante, se presentó el porcentaje de los espesores obtenidos de cada una de las cinco ejecuciones del prompt que cumplieron con el requerimiento estructural mencionado.

Figura 5

Porcentaje de espesores obtenidos por medio del modelo de IA que cumplen con el requerimiento estructural del SN de la subrasante



Nota: En cada caso, para cada modelo y variante se muestra el porcentaje de las cinco ejecuciones del prompt que cumplieron con el requerimiento estructural de la subrasante (Oyola, 2026)

En el caso de GPT-5.1, la variante Instant mostró mayores errores en el caso 4. En esta variante, 11 de los 25 diseños propuestos no cumplieron con el SN requerido, por lo que el 56 % de los diseños fueron aceptables y se registró un 44 % de errores. Además, se obtuvo un coeficiente de variación del 12.22 %. Por otro lado, en su variante Thinking se presentó un 84 % de aciertos, con 16 % de errores, además de un coeficiente de variabilidad de 6.68 %, lo que indicó un mejor desempeño.

Para el modelo de GPT-5.2, la variante Instant presentó 52 % de errores, por encima del modelo anterior, los casos 1, 3 y 4 evidenciaron mayores errores. Por otro lado, la variante Thinking mostró 76 % de aciertos con 24 % de errores, ya que 6 de los diseños propuestos no cumplieron el requerimiento estructural, lo cual es menor a esta misma variante en el modelo anterior.

Se debe tener en consideración que la mayoría de los errores del modelo GPT-5.2 Thinking (5 de los 6 presentes) se dieron en el caso 3, donde se tuvo un tráfico elevado cercano a 15.4 millones de ESALs. Esto indicó que el modelo falló en casos de alto tráfico, pero presentó resultados muy satisfactorios (por encima de la misma variante del modelo anterior) en casos de menores ESALs.

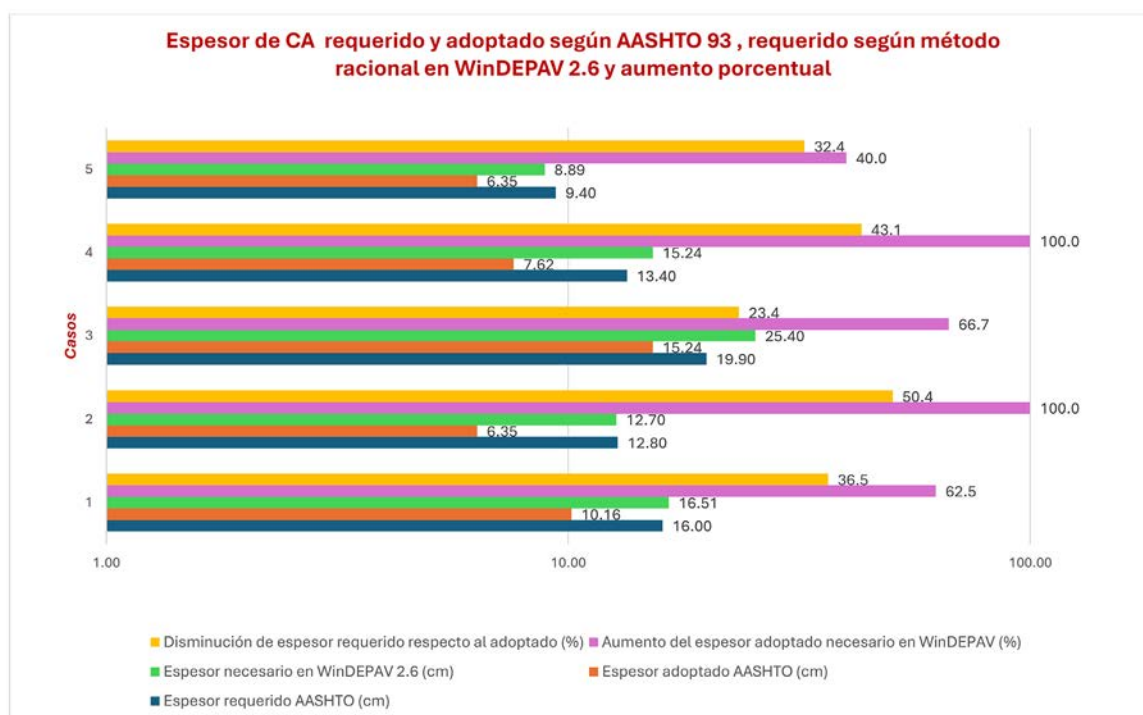
Análisis de espesores por el método racional con WinDEPAV 2.6

Se presentó el análisis de los espesores de la carpeta asfáltica o CA adoptados en DIPAV 3.0 y en la aplicación del procedimiento desarrollado paso a paso. En el método racional propuesto en el programa, el pavimento falló, en la mayoría de los casos, por fatiga debido a esfuerzos de tracción en la parte inferior de la carpeta asfáltica; por esta razón, se analizaron

únicamente los espesores de la carpeta. En el programa se ingresaron los espesores adoptados y posteriormente se incrementó el espesor de la carpeta asfáltica hasta obtener un factor de daño inferior a 1, lo que indicó que el pavimento soportaba los ESALs a los que era sometido hasta el final de periodo de diseño. En la figura 6 se muestra este aumento porcentual del espesor de CA respecto al espesor inicial de diseño (espesores que también se muestran). Así mismo, se incluyó el porcentaje de reducción aplicado al espesor requerido de CA (según los cálculos del método AASHTO 93, espesor que también se presenta) para obedecer a un criterio técnico y económico que asigne mayores espesores a las capas inferiores, lo cual es lo que se hace de manera común en el diseño de pavimentos.

Figura 6

Espesor de CA requerido y adoptado según AASHTO 93, espesor requerido según método racional en WinDEPAV 2.6 y aumento porcentual necesario



Nota: la sección de “Disminución de espesor requerido respecto al adoptado (%)” hace referencia al porcentaje en que disminuyó el espesor requerido según los cálculos al momento de adoptar un valor final en los diseños (Oyola, 2026).

En todos los casos, el espesor que satisfacía el método racional propuesto en el programa WinDEPAV 2.6 era cercano al espesor requerido de manera directa según los cálculos de la metodología AASHTO 93. Esto indicó que la práctica común de asignar menor espesor a la carpeta para compensar en capas inferiores a fin de cumplir con el requerimiento estructural de la subrasante no es el más adecuado, ya que produce fallas en la capa de rodadura antes del final del periodo de diseño.

En los casos 3 y 4, que tenían mayores ESALs, se requirió un espesor de CA superior al determinado inicialmente en el diseño. En el caso 3, donde se registraba aproximadamente 1.5 millones de ESALs, el aumento necesario del espesor de CA fue de 15 %. Por su parte, en el caso 4, donde los ESALs eran de 15.5 %, el aumento del espesor se duplicó al 30 %, lo que evidenció un porcentaje de incremento óptimo para casos similares.

Conclusiones

Se aplicó el software DIPAV 3.0 para el diseño de los cinco casos de pavimento flexible, obteniendo, respecto a los resultados de la aplicación del procedimiento paso a paso, valores

similares. Esto permite validar el procedimiento mediante el uso de hojas de cálculo a la vez que comprueba el buen desempeño del software mencionado.

El modelo de IA generado a partir de GPT-5.1, aplicable también a versiones posteriores y personalizado para el diseño de pavimentos, muestra criterios técnicos de acuerdo con los procedimientos de la guía AASHTO 93, las especificaciones MOP-001-F-2002 y la norma de diseño geométrico MOP 2003. En todas las ejecuciones del prompt se tienen procedimientos similares y se muestran resultados paso a paso.

En ningún caso se recomienda el uso de las variantes “Instant” de los modelos GPT 5.1 y 5.2, ya que presentan mayores errores y variabilidad para hallar ESALs, SN y espesores (especialmente el modelo 5.2 Instant que presenta más errores).

Para la determinación de ESALs y el SN, el modelo GPT-5.2 Thinking con pensamiento ampliado presenta menores errores y menor variabilidad entre cada ejecución del prompt. El uso de GPT-5.2 Instant muestra errores elevados y una variabilidad muy alta.

GPT-5.1 Thinking con pensamiento estándar, a pesar de tener mayor variabilidad y errores, presenta resultados de espesores aceptables en casos de gran número de ESALs. Por otro lado, los resultados de GPT-5.2 Thinking con pensamiento ampliado son más consistentes y con un excelente desempeño para ESALs menores a 15 millones; para valores mayores o iguales se recomienda el uso de GPT-5.1 Thinking.

Según el análisis de los diseños obtenidos mediante el procedimiento de la AASHTO 93, al aplicar un modelo racional o empírico-mecanicista mediante el uso de WinDEPAV 2.6, los espesores de la CA deben ser iguales o superiores a los obtenidos directamente del diseño, sin compensar la disminución de su espesor mediante la asignación de mayores espesores a las capas granulares. Asimismo, los casos de mayores ESALs superiores a 1.5 millones requieren de espesores superiores a los determinados según el diseño.

El uso de IA para el diseño de pavimentos es útil, pero requiere de validación e intervención humana. Automatizar el diseño sin supervisión, así como ejecutar una sola vez el prompt no es viable ni recomendable, ya que los resultados, dependiendo del modelo aplicado, presentan variabilidad en mayor o menor medida (GPT-5.2 Thinking presenta la menor variabilidad) y errores que requieren necesariamente de análisis de resultados y de varias ejecuciones, por lo tanto, su utilidad radica en ser una herramienta de soporte más no una definitiva.

Los resultados mediante la aplicación del modelo de IA corresponden a los obtenidos con las versiones GPT 5.1 y 5.2, de manera que las versiones de pago presentaron en su mayoría mejores resultados. Sin embargo, debido a las continuas actualizaciones de los modelos, es importante evaluar el desempeño de versiones posteriores. Esto se comprueba, pues las variantes gratuitas presentaron resultados menos satisfactorios en modelos más actuales, por lo que las actualizaciones no aseguran un mejor desempeño.

Reconocimientos y Declaraciones

Los autores declaran la contribución y participación equitativa de roles de autoría en esta publicación.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, se ha utilizado herramientas de la IA de OpenAI, específicamente la herramienta de creación de GPT personalizados utilizando GPT-5.1 y GPT-5.2 para las secciones correspondiente a los diseños del pavimento con el uso de IA. No obstante, su uso se ha limitado a lo mencionado y no se ha utilizado en redacción ni análisis de resultados.

Referencias

- Ahmed S, Sherif M y Alaa R. (2021). *A Simplified Mechanistic-Empirical Flexible Pavement Design Method for Moderate to Hot Climate Regions*. Sustainability, 13 (19), 10760. <https://doi.org/10.3390/su131910760>
- American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO]. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (AASHTO 93)*. [Documento técnico]. https://books.google.com.ec/books?id=1HRB12tBQNM&printsec=frontcover&hl=es&source=gbv_vpt_read#v=onepage&q&f=false
- Fangfang, L. (2025, 14 de diciembre). ¿Qué son las redes neuronales?. IBM. <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/neural-networks>
- Fraga, J., & López, A. (2023). *Alternativas de diseño para las vías de acceso a Nayón con una distancia aproximada de 6.72 km, ubicadas en la Parroquia Rural de Nayón Distrito Metropolitano de Quito* [Tesis de grado]. Repositorio Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/0aacea71-919f-4cee-8a57-bb93252acea2>
- Instituto Boliviano del cemento y el hormigón (IBCH) (2025). *Software de diseño de pavimentos (DIPAV 3.0)* [Archivo PDF]. IBCH. <https://www.ibch.com/dipav/>
- Instituto Mexicano del Transporte. (2022). *Software para diseño mecanicista de pavimentos IMT-PAVE 3.2*. <https://imtpave.com/>
- Labre, F., & Santamaría, J. (2022). *Diseño de la vía Abdón Calderón y extensión de la calle Atahualpa en las parroquias Nayón y Cumbayá, cantón Quito, provincia de Pichincha* [Tesis de grado]. Repositorio Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/133899ff-aea9-496e-9c36-a858fb07446b>
- Loja, R., & Sarmiento, J. (2018). *Diseño de pavimento flexible para la reconstrucción de las vías: Av. Samuel Cisneros (1.758km), Av. Principal 5 de Junio (1.240km), Av. Jaime Nebot (1.380km), Av. Juan León Mera (2.620km), Vía de Acceso 3M (0.247km), de la parroquia Eloy Alfaro cantón Durán provincia del Guayas* [Tesis de grado]. Repositorio Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/d8ad6bdd-8a8a-49fc-bbe3-83a663b731a2>
- Maila, J., & Neptalí, P. (2017). *Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, provincia de Napo* [Tesis de grado]. Repositorio Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/03dad82-3fae-44c2-848c-082665673481>
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes (MOP-001-F 2002)*. [Documento técnico]. https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de carreteras (MOP 2003)*. [Documento técnico]. https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Volumen N°2 – Libro A. Norma para estudios y diseños viales (NEVI-12-MTOP)*. [Documento técnico]. https://www.mit.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Oyola, F. (2026). *Análisis comparativo del diseño de pavimento flexible aplicando la metodología AASHTO 93: uso del software DIPAV 3.0 y diseño aplicando inteligencia artificial a través de un modelo personalizado de GPT* [Tesis de grado inédita]. Universidad Central del Ecuador.
- Solís, D., & Zhunio, B. (2022). *Alternativas de diseño de la vía Tulipe-Las Tolas (longitud 6 km) en la parroquia de Gualala, cantón Quito, provincia de Pichincha* [Tesis de grado]. Repositorio Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/71a5846a-4327-47c7-a521-0ba5de0d5549>
- Universidad Politécnica de Valencia. (2022). *SIMEPU 2.0: SOLuciónm Integral para la gestión del Mantenimiento Predictivo de Pavimentos Urbanos*. https://aplicat.upv.es/exploraupv/ficha-tecnologia/patente_software/49343
- Vásquez Varela, L. (2018). *WinDEPAV 2.6 con DosBOX 0.74*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. <https://sites.google.com/site/windepav/>

Educación e Innovación digital / Education and Digital Innovation





“Celebramos medio siglo de la RTE, una revista que ha sido testigo del desarrollo científico de la ESPOL, siendo reflejo de una comunidad que investiga, innova e impulsa el ecosistema de ciencia y tecnología del país”.

Carlos Monsalve Arteaga, Ph.D.

Vicerrector de Investigación, Desarrollo e Innovación
Escuela Superior Politécnica del Litoral



Analysis of Readability and Lexical Complexity in Thesis Abstracts from Early Childhood and Basic Education

Análisis de la legibilidad y la complejidad léxica en resúmenes de tesis de educación inicial y educación básica

Andrea Ullaguari Piuri¹ <https://orcid.org/0009-0007-4118-5266>,
Rodrigo Tovar Viera¹ <https://orcid.org/0000-0002-5960-3020>

¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador
andrea.ullaguari9829@utc.edu.ec, rodrigo.tovar@utc.edu.ec



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

Sent: 2025/09/10

Accepted: 2025/10/17

Published: 2026/06/15

Abstract

The readability of academic texts is a key factor in ensuring reading comprehension, especially in educational contexts where textual clarity directly impacts learning. The main objective of this study is to identify levels of textual complexity and differences in discursive practices between two disciplines. To this end, a mixed-methods, descriptive design was adopted, combining quantitative and qualitative methods. The readability of English-language abstracts was assessed using traditional formulas, including Flesch Reading Ease, Flesch-Kincaid Grade Level, and Gunning Fog Index. Computational tools such as Text Inspector and VocabProfile were also used to analyse lexical diversity and discursive variables. The results revealed a high level of linguistic complexity in both groups of texts. The early childhood education abstracts were more difficult to read, with extreme scores across all the formulas applied. In contrast, the basic education texts showed greater lexical richness and sophistication. The analysis of discourse markers revealed a predominance of interactive resources, especially transitions, while interactional resources were scarce, evidencing an objective and impersonal academic style. In conclusion, writing patterns that hinder comprehension were identified, particularly in early childhood education. This study highlights the need to strengthen academic writing skills to improve the clarity, coherence, and accessibility of university texts.

Keywords: Academic skills, academic text, linguistic analysis, metadiscursive markers, reading comprehension.

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

How to cite: Ullaguari, A. & Tovar, R. (2026). Analysis of Readability and Lexical Complexity in Thesis Abstracts from Early Childhood and Basic Education. *Revista Tecnológica - Espol*, 38(1), 123-140.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1386>

Resumen

La legibilidad de los textos académicos es un factor clave para garantizar la comprensión lectora, especialmente en contextos educativos donde la claridad textual tiene un impacto directo en el aprendizaje. El objetivo principal de este artículo es identificar los niveles de complejidad textual y las diferencias en las prácticas discursivas entre dos disciplinas. Para ello, se adoptó un enfoque mixto con diseño descriptivo, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. La legibilidad de los resúmenes escritos en inglés se examinó mediante fórmulas tradicionales, como de Flesch Reading Ease, Flesch-Kincaid Grade Level y Gunning Fog Index. Asimismo, se emplearon herramientas computacionales como Text Inspector y VocabProfile, que permitieron analizar la diversidad léxica y variables discursivas. Los resultados revelaron una elevada complejidad lingüística en ambos grupos de textos. Los resúmenes de Educación Inicial presentaron mayor dificultad de lectura, con índices extremos en todas las fórmulas aplicadas; por el contrario, los textos de Educación Básica mostraron mayor riqueza léxica y sofisticación. El análisis de los marcadores discursivos reveló un predominio de recursos interactivos, especialmente transiciones, mientras que los interaccionales fueron escasos, lo que evidenció un estilo académico objetivo e impersonal. En conclusión, se identifican patrones de escritura que dificultan la comprensión, siendo más pronunciados en Educación Inicial. Este estudio resalta la necesidad de fortalecer las competencias de escritura académica para mejorar la claridad, la coherencia y la accesibilidad de los textos universitarios.

Palabras clave: Análisis lingüístico, comprensión lectora, competencias académicas, marcadores meta-discursivos, textos académicos.

Introduction

Readability refers to the ease with which academic and non-academic texts can be processed and understood by readers, as it directly influences comprehension and information retention. According to Zainurrahman et al. (2024), readability pertains to the ease with which a reader can assimilate information from a text. Research in this field has shown that readability depends not only on linguistic aspects such as syntax and vocabulary but also on reader-related factors such as educational level and language skills. In this analysis, readability tools such as Coh-Metrix, along with traditional formulas, have been widely applied across various fields and disciplines. These include Flesch Reading Ease (FRE), which provides a numerical score of reading ease; the Flesch-Kincaid Grade Level (FKGL), which estimates the educational level required for comprehension; and the Gunning Fog Index (GFI), which assesses textual complexity based on word and sentence length. Together, these measurable formulas, in conjunction with intuitive methods (Alley, 2009), offer complementary and concrete perspectives for evaluating readability in written texts (Young, 1999). Researchers such as Fry (1968), Ash and Edgell (1975) played key roles in establishing readability indices. Over time, these tools became widely adopted, leading to the development of multiple formulas to assess and compare text readability, particularly in academic contexts (Crossley et al., 2014; McNamara et al., 2013; Li et al., 2025). Li et al. (2025) highlight the importance of adapting texts to the cognitive and linguistic abilities of the target audience to facilitate comprehension.

In recent years, readability has become a central topic in academic and applied linguistics due to the growing availability of digital information. Deutsch et al. (2020) argue that conventional academic writing styles often limit accessibility and exclude broader audiences. Complementing this view, Lee and Vajjala (2022) point out that readability is not determined solely by word frequency or sentence length but also by coherence and fluency. Similarly, Alkaldi and Inkpen (2023) highlight how textual structure and lexical choices strongly shape the

accessibility of complex texts for readers with varied literacy levels. Advances in computational linguistics have further expanded the field. For instance, Meng et al. (2021) introduced *ReadNet*, a tool that integrates structural and semantic features to assess complexity, while Text Inspector evaluates lexical and linguistic dimensions to tailor texts to specific audiences. Cai et al. (2022) add that visual design, including typography, colour, and adaptive interfaces, enhances user experience by allowing customization that facilitates comprehension.

On the other hand, lexical richness is a measure of how varied, dense, and elaborate the vocabulary in a text is, indicating the author's ability to use diverse and complex words in written compositions. Lexical richness is a characteristic of academic language that combines the density, variety, and sophistication of the vocabulary used in a text to reflect its complexity and expressive precision (Tovar, 2022). In other words, lexical richness is understood as a construct that encompasses various dimensions of vocabulary, including both the variety and level of complexity that language learners are able to use in their productions (Zhang, 2020).

International research has increasingly applied computational and interdisciplinary approaches to the study of readability. Deutsch et al. (2020) combined linguistic features with deep learning to classify text difficulty, whereas Imperial (2021) integrated BERT with traditional indicators to improve assessments in English and Filipino. Beier et al. (2022) emphasize that both linguistic and visual elements shape reading fluency, while Vajjala (2021) calls for approaches that merge educational and computational perspectives. In the Latin American region, studies point to the pedagogical significance of readability. For instance, Stone et al. (2019) demonstrate that phonemic awareness interventions enhance decoding and comprehension in early education, and Barberán et al. (2024) report moderate links between comprehension and cognitive development among middle school students. At the higher education level, Mora et al. (2021) observed that university students achieve strong comprehension but struggle with slow reading speed, and Guerrero et al. (2025) show that virtual tutoring initiatives improve comprehension outcomes in basic education. Within this context, research on readability remains relatively scarce in Ecuador compared to international and regional studies.

The research works discussed above address the relevance of measuring text readability to improve educational quality (e.g., Barberán et al., 2024; Mora et al., 2021; Guerrero et al., 2025). Nevertheless, most existing work focuses on textbooks or general reading practices, leaving aside academic writing genres produced by students, particularly thesis abstracts in the fields of early childhood education and basic education. Although readability has been examined across educational materials (Hu, 2023), medicine (Long, 2022), finance (Besuglov & Crasselt, 2021; Yu, 2022), law (Arbel, 2024; Han et al., 2024), and tourism (Lazzeretti, 2021; Tiago et al., 2021), there is still little research on how Ecuadorian University students construct academic texts such as thesis abstracts. This gap justifies the need for local research that examines readability alongside deeper linguistic dimensions such as lexical richness and discourse markers. Hyland's (2015) model distinguishes between interactive markers, which organize the text for the reader, and interactional markers, which allow the writer to project a stance and engage with the audience. These markers, together with measures of lexical density, variation, and sophistication, are central to understanding how thesis abstracts are structured and how accessible they are to readers.

Accordingly, the present study aims to analyse readability, lexical richness, and discourse marker use in thesis abstracts from early childhood and basic education programs by identifying disciplinary differences in writing practices and their impact on accessibility. To guide this inquiry, the following research questions are posed:

What differences exist in the levels of readability, lexical richness, and use of discourse markers between thesis abstracts in early childhood education and basic education?

How might these differences influence the accessibility and comprehension of academic texts?.

Materials and Methods

This research adopts a quantitative approach with a descriptive design, supported by qualitative analyses. It combines quantitative and qualitative methods to analyse the readability and use of discourse markers in 60 thesis abstracts in early childhood education and basic education, submitted between 2019 and 2025. Thirty thesis abstracts written in English from their original Spanish versions in early childhood education and thirty in basic education were included in the analysis. Since the research examines the text as a finished product rather than the process of its creation, focusing on the quality of the written output rather than on the writer or their writing practices, a parallel analysis was not conducted for the Spanish version. However, when comprehension difficulties or inconsistencies were identified in the English text, the original Spanish version was consulted to clarify any doubts. This allowed the researchers to verify whether errors in the Spanish wording affected English writing quality. Following Noguera (2013), abstracts translated from Spanish into English often exhibit coherence and rhetorical issues stemming from literal translation or insufficient command of academic English. Consequently, it was expected that poor wording in the source language would likely result in similarly deficient quality in the translated version.

Corpus Collection

The thesis abstracts considered in this study were those written in English, taken from the digital repository of the Technical University of Cotopaxi. This institution offers bachelor's degrees in early childhood education and basic education. Only abstracts published between 2019 and 2025 were included, with a length of 200-250 words, and whose topics were related to language teaching or the educational field. Topics covered issues related to learning difficulties at school, recreational games, motor skills, nutrition, and the role of the teacher in the educational process. The rationale for choosing these mini texts lies in the fact that they are not purely narrative in nature; therefore, they are expected to display broader lexical and grammatical variation to convey information effectively (Mahadini et al., 2021). To ensure consistency and quality of the corpus, abstracts with incomplete content, serious formatting problems, or unrelated topics were excluded. The final data set, comprising 14,793 words, served as the basis for the analysis of readability, lexical richness, and elements of meta-discourse across different academic levels. The table below describes the corpus.

Table 1
Word count by discipline

<i>Discipline</i>	<i>Genre</i>	<i>Number of texts</i>	<i>Tokens</i>
<i>Early childhood</i>	<i>Academic text</i>	30	7,666
<i>Basic education</i>	<i>Academic text</i>	30	7,127
Total		30	14,793

Corpus Processing

Prior to analysis, the texts were cleaned, removing punctuation marks, numerical digits (converted to words), question marks, and other non-lexical elements to generate a continuous, uniform text for processing. After the cleaning process, the entire corpus was submitted to text analysis software. At this stage, the automatic tools Text Inspector (<https://textinspector.com/>) and VocabProfile (<https://www.lex tutor.ca/vp/eng/>) gauged the lexical metrics and complexity of the texts. In particular, the classical readability formulas assessed text difficulty as follows:

- (1) FRE evaluated reading ease on a scale from 0 to 100, the higher the score, the greater the clarity.
- (2) FKGL illustrated the minimum educational level required to understand the text.
- (3) GFI calculated the number of years of study required to understand the text, treating words with three or more syllables as complex.

These three formulas provide quantitative measures that estimate how easy or difficult a text is to comprehend, primarily based on sentence length and lexical complexity. Table 2 summarizes the difficulty levels associated with the FRE, FKGL, and GFI indices to facilitate interpretation of the results.

Table 2
Readability indices of traditional readability formulas

<i>FRE</i>	<i>FKGL</i>	<i>GFI</i>	<i>Level of Difficulty</i>
90 – 100	4	5	Very easy
80 – 89	5	6	Easy
70 – 79	6	7	Fairly easy
60 – 69	7 - 8	9	Standard English
50 – 59	Some high school	12	Fairly difficult
30 – 49	High school to college	14 – 16	Difficult
0 – 29	College & up	>16	Very difficult

Discourse Markers

Discourse markers —the linguistic devices that guide the reader throughout the text by signalling logical, organizational, and interactive relationships between ideas —are fundamental for enhancing reading comprehension. Following Tarzeen and Tahir's (2024) study, the current research highlights their importance in achieving coherence and cohesion in academic writing, as they organize information and clarify relationships between ideas and expressions within texts. Accordingly, adopting Hyland's (2015, p. 3) classification model, the analysis focused on the frequent use of interactive and interactional categories of discourse markers, as shown below.

Table 3
Classification of discourse markers

Category	Function	Example
<i>Interactive</i>	<i>Guide readers through the text</i>	
Code glosses	Clarify or rephrase for clarity	namely, that is
Endophorics	Refer to another part of the text	see section II
Evidentials	Cite information from other texts	according to X
Transitions	Link main clauses	therefore, however
<i>Interactional</i>	<i>Involve the reader in the text</i>	
Attitude	Express the author's attitude	regrettably, surprisingly
Hedges	Show limited author certainty.	possibly, could be
Boosters	Show strong author certainty	definitely, undoubtedly
Engagements	Engage the reader directly	consider, note that
Self-mentions	Author references in the text	I, we

Ethical Considerations

Following the ethical principles proposed by Kirk (2007) for educational research, rigorous measures were taken to protect the authors' identities in the analysed abstracts. Neither the authors' names nor any institutional or personal information that could link the texts to their creators was considered, as the entire procedure was carried out anonymously. This decision addressed the need to avoid potential conflicts of interest and to ensure that subjective judgments about the origin or authorship of the content would not influence the analysis results. In addition, anonymity made it possible to focus exclusively on the linguistic and discursive characteristics of the texts, thereby promoting a more objective, transparent, and respectful approach to the principles of confidentiality, integrity, and academic credibility throughout the study.

Results

Text Readability

Table 4 presents the average scores of three readability formulas applied to the abstracts in early childhood education and basic education. Although the mean values vary between the two groups, both indicate that the texts are difficult or very difficult to read, reflecting a high level of textual complexity in both cases.

Table 4
Average readability scores of thesis abstracts within disciplines

Disciplines	Readability formulas			
	FRE	FKGL	GFI	Range
Early childhood	-217.89	109.25	115.10	Very difficult
Basic education	-193.26	99.24	104.71	Difficult

Lexical Richness

Table 5 shows that both groups have identical lexical density (0.56), indicating no difference and suggesting that the proportion of content words is stable across the two disciplines. This means that text complexity, in terms of content words, does not increase with educational level. Regarding lexical variation, texts from basic education show slightly higher variation; they use a somewhat wider range of different words compared to early childhood texts. Although the difference is minor (+0.02), it suggests a gradual shift toward a more diverse vocabulary as students' progress. Similarly, basic education abstracts use a higher proportion of less frequent or more advanced words (+1.46), indicating an increase in lexical sophistication. This suggests that as education levels rise, texts tend to incorporate more complex and specialized vocabulary. While lexical density remains constant across the two groups, lexical variation and sophistication increase slightly in basic education, reflecting a modest rise in vocabulary diversity and complexity. However, the differences are relatively small, suggesting a gradual rather than abrupt increase in linguistic demands.

Table 5
Metrics of lexical richness in both disciplines

Metrics	Early childhood	Basic education	Difference	P-value
Lexical density	0.56	0.56	0.00	0.037*
Lexical variation	0.16	0.18	+0.02	0.689
Lexical sophistication	27.04	28.50	+1.46	0.334

Although the t-test did not reach significance across dimensions ($t = -1.480$, $p = 0.074 > 0.05$), further analysis using ANOVA reported statistical differences in lexical density ($F = 1.94$, $p = 0.037 < 0.05$), between the two disciplines. In contrast, both the t-test ($t = -1.480$, $p = 0.074 > 0.05$) and ANOVA ($F = 0.83$, $p = 0.689$) showed no significant differences for lexical variation, indicating that the range of vocabulary used in abstracts was comparable across groups. Similarly, lexical sophistication did not differ significantly, as shown by the t-test ($t = -0.736$, $p = 0.233 > 0.05$) and ANOVA ($F = 1.17$, $p = 0.334$), suggesting that the use of advanced or less frequent words remained consistent between the two disciplines.

Discourse Markers

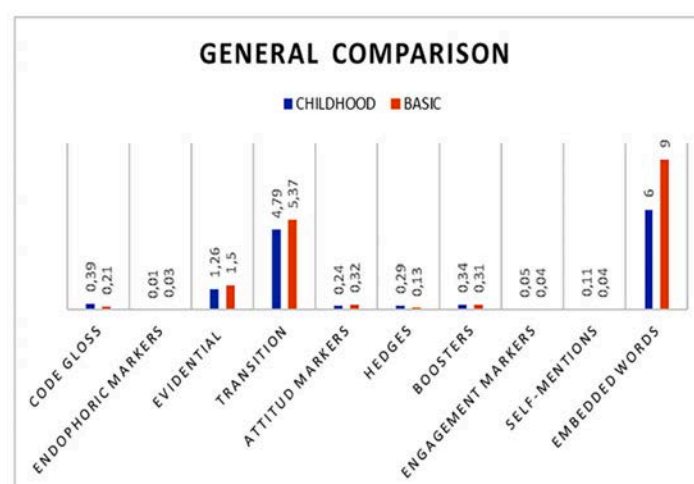
Discourse markers are key resources for organizing and orienting academic discourse. Table 6 shows that the frequency of discourse markers varies between interactive and interactional types (e.g., hedges, transitions, attitude markers). In general, both groups show similar patterns of use, although with certain differences in the frequency of specific elements.

Table 6
Frequency of discourse markers across disciplines

Discourse markers	Early childhood	Basic education	Difference	P-value
<i>Interactive resources</i>				
Code glosses	0.39	0.21	-0.18	0.385
Endophorics	0.01	0.03	+0.02	
Evidentials	1.26	1.50	+0.24	
Transitions	4.78	5.36	+0.58	
<i>Interactional resources</i>				
Attitude markers	0.24	0.32	+0.08	0.387
Hedges	0.29	0.13	-0.16	
Boosters	0.34	0.31	-0.03	
Engagements	0.05	0.04	-0.01	
Self-mentions	0.11	0.04	-0.07	

Although basic education shows slightly higher use of some markers (e.g., evidentials, transitions, and attitude markers), these differences in interactive ($p=0.385 > 0.05$) and interactional ($p=0.387 > 0.05$) discourse markers between early childhood and basic education texts are not statistically significant. The results suggest that both early childhood and basic education texts rely on similar patterns, with no clear statistical evidence of increasing complexity in their interactive or interactional functions. Transition markers emerged as the most frequent in both groups (5.36 in basic education and 4.78 in early childhood education), indicating a consistent reliance on logical connectors to structure discourse. These are followed by evidential markers (1.50 in basic education and 1.26 in early childhood education), which highlight the use of references to sources or prior knowledge. In contrast, boosters (0.34 vs. 0.31) and hedges (0.29 vs. 0.13) occur less often. Attitude markers also appear infrequently (0.32 vs. 0.24), as do code glosses (0.39 vs. 0.21) and self-mentions (0.11 vs. 0.04). Finally, engagement markers (0.05 vs. 0.04) and endophorics (0.01 vs. 0.03) represent the least frequent categories. Figure 1 illustrates the frequency of interactive and interactional discourse markers in the two disciplines.

Figure1
Frequency of discourse markers



Embedded words

Text complexity was also analysed using the embedded words index, which measures the number of words before the main verb in representative sentences. According to Barrot and Agdeppa (2021), this index is relevant for assessing syntactic complexity and its effect on reading comprehension. On average, the early childhood education texts had six embedded words, while those for basic education had nine, reflecting greater structural complexity in the latter. However, despite this difference, readability indices showed that early childhood education texts were more difficult to read, suggesting that other factors, such as specialized vocabulary or sentence length, also influence reading difficulty.

Discussion

In response to the first research question regarding differences in readability, lexical richness, and the use of discourse markers between thesis abstracts in early childhood education and basic education, the results indicate the following:

From a readability perspective, the abstracts reflect a high level of complexity, not only due to lexical load but also because of the absence of structural simplification strategies. Unlike Xu and Casal (2023), who observed that law students improved clarity by increasing lexical sophistication and simplifying syntax, this study found no evidence of such structural adjustments. This lack of syntactic refinement may contribute to the recorded reading difficulty, emphasizing the need for instruction that balances lexical richness and syntactic clarity to improve readability and comprehension.

Regarding the use of discourse markers, differences were observed in the use of transitional, evidential, clarifying, and hedging markers that contribute to coherence and precision in the transmission of ideas, which are fundamental for clarity in academic writing (Hyland, 2015). From a pragmatic-discursive perspective, interactive resources predominate, especially transitional markers (4.78 in early childhood and 5.36 in basic education) and evidentials (1.26 and 1.50), reflecting an effort to organize the text and reference external sources. In contrast, interactional resources such as attitude markers, hedges, boosters, engagement, and self-mentions are minimal or nearly absent, configuring an objective, impersonal, and distant style, as noted by Pasaribu et al. (2022). Therefore, the use of elaborative and inferential markers is vital not only to improve coherence and overall readability (Haninda & Bram, 2021), but also serves cohesive functions, reinforces authorship and prevents plagiarism by clearly attributing ideas (Ondondo & Rew, 2020). Nonetheless, in the current corpus, the use of such markers is limited, possibly related to academic level (undergraduate vs. graduate) and training in academic writing, which reinforces the hypothesis of depersonalized writing influenced by insufficient instruction in interactional metadiscourse (Abdullah, 2022).

Concerning lexical richness, although the proportion of lexical density is identical in both groups (0.56), there are differences at the significance level $\alpha=0.05$. Statistically, lexical variation is slightly higher in basic education (0.18 vs. 0.16), as is sophistication (28.50 vs. 27.04); nonetheless, significance is scarce (see Table 5). These statistical differences, although small, reflect a considerable semantic load that contributes to the overall difficulty. This result contrasts with Müngen's (2023) findings, which identified notable disciplinary differences in lexical richness shaped by communicative requirements. While Müngen (2023) highlights how interdisciplinary exchanges often foster lexical adaptations, the present study reveals a

contrasting tendency toward stylistic uniformity, with little evidence of functional variation (see Bonsall et al., 2020; Kukafka & Arguello, 2021). The finding suggests that contextual demands did not translate into differentiated lexical use. This tendency could be attributed to differences in language proficiency and similar L1 linguistic backgrounds in producing the target language. Although lexical density emerged as the main distinguishing feature in the present study, likely shaped by institutional or disciplinary conventions, no substantial gains in lexical variation or sophistication were identified, in contrast to the improvements reported by Nasrollahi et al. (2022). One possible explanation for this divergence may stem from the participants' relatively homogenous linguistic profiles. Most shared similar first-language backgrounds and limited exposure to varied communicative contexts, which could restrict opportunities to broaden their lexical repertoires.

In relation to the second research question —the potential effect of these differences on accessibility and comprehension —the results revealed high textual complexity and low readability. These findings suggest that both groups produce texts that are not easily accessible to readers, including academic audiences. This pattern is comparable to Li et al. (2025), who note that syntactic complexity often increases at the expense of readability in academic materials. Regarding interactive resources, the most significant increase appears in transitions (+0.58) and evidentials (+0.24), suggesting that basic education texts may rely more on explicit logical connections and clearer source attribution. Code glosses decline (-0.18), indicating fewer explanatory reformulations at higher levels. Overall, differences are minor and not statistically significant ($p = 0.385$). Concerning interactional resources, attitude markers show a slight increase (+0.08), indicating a somewhat stronger evaluative stance in basic education texts. Hedges (-0.16) and self-mentions (-0.07) decrease, indicating less tentativeness and reduced author visibility in later texts. This tendency is consistent with Wang and Zeng's (2021) findings, which show that novice writers use more hedges and self-mentions, whereas advanced texts typically reduce these features in favour of a more assertive stance. Boosters and engagements remain relatively stable with minimal variation, which can serve as an indicator of conciseness in academic discourse (Al-Harthi et al., 2022). The differences are minor and not statistically significant ($p = 0.387$). Taken together, basic education texts exhibit slight increases in transitions, evidentials, and attitude markers, suggesting a move toward greater logical structuring, clearer source attribution, and a more evaluative stance. However, decreases in hedges and self-mentions indicate less cautious, less personal writing (Li et al., 2025; Wang & Zeng, 2021).

Put another way, the combination of high lexical density and lack of syntactic simplification may cause cognitive overload, hindering effective comprehension, especially for non-specialist readers. Moreover, the scarcity of discourse markers that promote reader interaction, such as self-mentions or engagement markers, can reduce clarity and communicative effectiveness, making the texts appear more distant and less accessible (Pasaribu et al., 2022). These results indicate that, although lexical richness is important, it does not guarantee comprehension. Therefore, instruction should focus on strategies that integrate lexical richness, syntactic clarity, and the effective use of discourse markers to improve accessibility in academic texts.

Comparative Interpretation

In general, the results obtained from the readability indices, the measures of lexical richness, and the analysis of discourse markers indicate consistent patterns. These findings allow us to affirm that both groups of abstracts —those in early childhood education and those

in basic education —present high linguistic complexity and difficulty in reading. However, the texts produced in the early childhood education program tend to be more difficult to process overall. This tendency is mainly supported by the readability indices, which reveal that the early childhood education abstracts exhibit more extreme values (FRE: -217.89; FKGL: 109.25; GFI: 115.10). These findings indicate dense syntactic structures characterized by long sentences and a high level of complexity in the lexicon. Although the basic education texts also reflect a high level of difficulty, their slightly lower scores (FKGL: 99.38; GFI: 104.71) suggest a comparatively more accessible syntactic structure. These results are consistent with those of Rafatbakhsh and Ahmadi (2023), who identified the content-word overlap index and the FRE metric as the strongest predictors of reading difficulty in graduate entrance-exam passages. This reinforces the relevance of the readability indices applied in the present study, particularly FKGL, in accurately reflecting the degree of complexity present in academic texts.

From a lexical perspective, both disciplines exhibit high density, slight lexical variation, and sophistication, contributing significantly to the overall textual complexity. Abstracts in basic education show higher lexical variation (0.18 vs. 0.16) and a marginally greater proportion of sophisticated words (28.50 vs. 27.04), suggesting a broader, but also more demanding, lexicon. This finding aligns with Maamuujav (2021), who notes that EFL writers typically produce texts with low lexical variation and limited academic vocabulary, often relying on repeated basic words. The slight lexical variation and sophistication observed in the basic education abstracts suggest a diverse core lexical repertoire, which correlates with increased textual complexity and higher-quality writing. It also aligns with Bashori (2021), who highlights intra-individual interplay between lexical diversity and sophistication over time, indicating that such growth often reflects greater lexical creativity rather than a purely linear advance. As for discourse markers, there is a predominant use of interactive resources, especially transitional markers, reflecting an effort to organize the discourse and maintain textual coherence. However, the limited use of interactional resources, such as self-mentions and engagement markers, suggests an objective, impersonal writing style, potentially reducing reader engagement. This observation echoes findings from studies on academic writing, such as those of Alfinda et al. (2005), who report that L2 writers often use self-referential devices infrequently, favouring a formal and impersonal style. In summary, although both corpora exhibit linguistic features that hinder comprehension, the early childhood education texts show greater overall syntactic complexity, underscoring the need to reinforce academic writing practices in degree-level work.

The results revealed clear differences between the abstracts of early childhood education and basic education in terms of readability, lexical richness, and use of discourse markers. The early childhood education texts present greater reading difficulty, especially at the syntactic level. By contrast, basic education texts show greater lexical variation and sophistication. In both cases, the limited use of interactional resources suggests objective writing that could reduce reader involvement.

Qualitative Stage

In the abstracts of early childhood education and basic education, differences emerge in the use of discourse markers. In early childhood education, sentences containing frequent words, such as *since*, fall into the category of transition markers. These elements establish logical connections between ideas within a sentence. For example, in abstract No. 6, the use of *since* appears in a sentence with nine embedded words preceding the main verb, serving as evidence of a complex syntactic structure. By contrast, in basic education abstracts, one of the most

recurrent words is *determined*, which functions as an evidential marker. Such markers indicate the source of information — that is, they show that the authors ground their claims in existing evidence or prior analysis. In abstract No. 5, *determined* appears in a sentence with nine words before the main verb. Here, it serves both as the passive-voice main verb and as an evidential marker, introducing a statement based on a theoretical review. This use underscores objectivity and a deliberate distance from the author.

Likewise, the expression *such as*, a discourse marker classified under the code gloss category, was identified in the same abstract. Code glosses consist of expressions or words that clarify, explain, or exemplify ideas within the text, thereby facilitating readers' comprehension. In this case, the sentence contained nine words preceding the main verb, further reflecting syntactic complexity. Additionally, hedges were identified in childhood education texts. These markers mitigate the strength of a statement by indicating caution or possibility rather than absolute certainty. The following excerpts illustrate the function and the categories to which they belong:

- 1) "As far as the theoretical review is concerned, it can be determined that attachment is the affective bond that is consolidated from birth, *since* the first attachment bond is the mother, in whom she will feel safe and protected before any threat..."
- 2) "As far as the theoretical review is concerned, it can be determined that attachment is the affective bond that is consolidated from birth..."
- 3) "It was determined that other factors also influence, *such as* the infant's personality, physical or emotional abandonment and attachment, which is the difficulty of becoming familiar with the baby..."
- 4) "In conclusion, it was possible to identify the social and educational that children with dyslexia face."

As can be seen in excerpt 1, the word *since* belongs to the category of transitional discourse markers and, according to the interactional category proposed by Hyland (2015), it functions as a causal connector, introducing a reason or cause. If *since* is replaced by *because*, the causal sense is maintained, which confirms its explanatory function within the discourse. In excerpt 2, the expression 'can be determined', contains the main verb of the sentence and is classified under the hedge type, within the interactional category. Its function is to soften the assertion and protect the author against possible counterarguments because it avoids an absolute statement. In excerpt 3, the expression *such as* acts as an explanatory discourse marker that introduces an enumeration of examples and is placed in the code gloss markers. These markers facilitate readers' understanding by clarifying, reformulating, or exemplifying the idea. Finally, in excerpt 4, the expression, 'it was possible', indicates possibility, tentativeness, or absence of absolute certainty.

According to Hyland's (2015) classification, *possible* is considered an interactional resource that functions as a hedge, attenuating the strength of the assertion and allowing a more cautious stance from the author. These findings show how abstracts in early childhood education and basic education use different types of discourse markers to structure and qualify their academic texts, reflecting varying levels of syntactic complexity and communicative strategies. This finding is connected with those of Aparici et al. (2024), who identified that educational level directly influences the use and variety of discourse markers, thereby affecting, in some cases, the coherence, cohesion, and argumentative density of academic texts. The use of transitional,

evidential, clarifying, and hedging markers helps organize ideas more coherently and accurately (Kapranov, 2020). These features make texts easier to follow, which is fundamental for clarity and rigor in academic writing. By examining how metadiscourse markers are used in thesis abstracts, this analysis provides readers with a detailed view of the writing styles and discursive practices within each academic program.

Conclusions

The analysis of the thesis abstracts in early childhood education and basic education, using traditional readability formulas (FRE, FKGL, and GFI), yielded consistent results that show a high level of textual complexity in both cases. The interpretation of these indices aligns reasonably with classical reference tables, with minimal margins of error, validating their usefulness for comparative analysis in the academic environment. Nevertheless, the values obtained, well above expected school levels, reveal significant difficulty for the average reader, especially in early childhood education texts, characterized by greater syntactic and lexical density. Although these formulas offer an overview of textual complexity, they have limitations in capturing finer, contextual aspects of academic writing, such as discursive genre, modality, or communicative intention. Thus, it is recognized that reading comprehension depends not only on structural factors but also on variables such as linguistic competence, the reader's cognitive abilities, and familiarity with the content. This study, therefore, represents an initial stage in the assessment of readability in the field of teacher education and suggests the need to complement it with qualitative approaches that include the reader's perception and the context of use.

Regarding lexical richness, the findings confirm that both lexical density and lexical variation pose significant challenges to readability and clarity in academic texts. Although this study focused on early childhood and basic education disciplines, previous research in other disciplines, such as the English Literature program, has also indicated that lexical density and readability are critical factors in the comprehension of academic texts (see Siregar et al., 2024). This suggests that challenges related to textual accessibility may span multiple fields of study. Consequently, this research not only provides empirical evidence on the current state of academic writing in these disciplines but also establishes a solid foundation for future formative actions and comparative research in other educational contexts.

Additionally, the analysis of the metadiscourse confirms a limited use of interactive and interactional resources, which are fundamental for organizing the discourse, guiding the reader, and establishing a clear relationship with the text. This finding reinforces the need to strengthen academic writing skills among university students, particularly in producing clear, coherent, and adequate texts for their communicative purpose. In this sense, it is recommended to incorporate pedagogical strategies into teacher training that promote the conscious use of metadiscourse, together with the evaluation of readability and lexical richness from a multidimensional approach (AbManan & Raslee, 2020). The integration of these elements would not only improve the quality of academic texts but also develop writing skills transferable to future pedagogical practice. In this process, it is recommended to promote the use of technological tools such as Text Inspector or VocabProfile, which can be incorporated as support in academic writing classes to help students identify and correct areas of poor readability. This would contribute to the development of more conscious, measurable, and reader-oriented writing.

Technological tools such as Text Inspector and Vocabprofile can be effectively integrated into university writing courses to strengthen academic writing among nonnative speakers. For example, in a *Lexical Development Workshop*, students analyse their essays with Text Inspector to identify overused high-frequency words and replace them with academic vocabulary, improving lexical diversity and readability scores. In a *Sentence Structure and Cohesion module*, students use the tool to examine sentence length, clause density, and metadiscourse devices (e.g., connectors), then revise their paragraphs to balance syntactic complexity and clarity, tracking progress through readability indices such as Flesch-Kincaid. Finally, in a *Genre-Based Research Writing Project*, students compare their drafts with published papers in their disciplines using VocabProfile to examine lexical sophistication and Text Inspector to examine passive-voice use and cohesion patterns, refining their texts to match disciplinary conventions. These activities help students see measurable improvements in their writing, raise awareness of linguistic features that affect readability, and encourage independent revision skills supported by data-driven feedback.

Given the limited specific research on readability in early childhood education and basic education, it is hoped that the data obtained in this study will serve as a solid foundation for future research in this area. Although the results focus on these two, similar findings have been reported in other disciplines. This opens the door to expanding the analysis of readability to various educational and academic areas, promoting better understanding and access to texts for different audiences. These research findings are expected to encourage future studies that expand the number of corpora analysed and include other university programs. A specific case is that, in Ecuador, research related to readability in academic texts is scarce, especially in the field of teacher training. This situation raises questions about whether students in these majors receive sufficient orientation in academic writing and how this could influence the degree modality they choose or develop. In addition, the findings invite reflection on whether future teachers, responsible for teaching reading and writing, are adequately prepared to produce legible texts. This ability not only affects their academic performance but also their future classroom pedagogical practice.

Acknowledgements and Declarations

This manuscript is based on the research project titled “Academic Discourse: A Transdisciplinary Study between Education and Linguistics in Linguistic-Communicative Contexts for Teaching English.” The authors sincerely thank all those who supported its completion and confirm that this paper has not been submitted to any other journal for consideration. Furthermore, “the authors declare that no artificial intelligence tools were used in the preparation of this article”.

References

- Allen, D. (2009). A study of the role of relative clauses in the simplification of news texts for learners of English. *System*, 37(4), 585–599. <https://doi.org/10.1016/j.system.2009.09.004>
- Ash, R., & Edgell, S. (1975). A note on the readability of the Position Analysis Questionnaire (PAQ). *Journal of Applied Psychology*, 60(6), 765–766. <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.60.6.765>
- Abdullah, S. S. (2022). A pragmatic analysis of metadiscoursal markers (hedges and boosters) in linguistics and biology MA theses: A lingua scientific corpus-based study. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 14(1), 1173–1185. <https://doi.org/10.9756/INT-JECSE/V14I1.221134>

- AbManan, N. A., & Raslee, N. S. (2020). Explicit discourse marker instruction to improve coherence and cohesion in academic writing. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(1), 250–263. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v8-i1/3820>
- Alfinda, R., Pranowo, D. D., & Widyantoro, A. (2025). Corpus analysis of Spanish L2 exam-based writing: Lexical analysis and indications of translanguaging. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 9(1), 170–178. <https://doi.org/10.20961/ijpte.v9i1.86337>
- Al-Harthi, M., Alshahrani, H. J., & Hamed, D. M. (2022). Evidentials, Code Glosses, Hedges and Boosters in Academic Articles: A Cross-Disciplinary Study. *Eurasian Journal of Applied Linguistics*, 8(3), 181–200. <https://doi.org/10.32601/ejal.803015> <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1386005.pdf>
- Alkaldi, W., & Inkpen, D. (2023). Text simplification to specific readability levels. *Mathematics*, 11(9), 2063. <https://doi.org/10.3390/math11092063>
- Allen, D. (2009). A study of the role of relative clauses in the simplification of news texts for learners of English. *System*, 37(4), 585–599.
- Aparici, M., Rosado, E., & Vilar, H. (2024). The influence of students' linguistic condition, school level, and pedagogical input on analytical essay features. *Frontiers in Language Sciences*, 3. <https://doi.org/10.3389/flang.2024.1480422>
- Arbel, Y. A. (2024). The readability of contracts: Big data analysis. *Journal of Empirical Legal Studies*, 21(4), 927–978. <https://doi.org/10.1111/jels.12400>
- Barberán, S. X., Mendoza Mejia, J. L., Torrealba Peña, M. J., Vásconez Rivera, I. N., & Hurtado Guevara, R. F. (2024). Reading Comprehension and Cognitive Processes in Ecuadorian Middle School Students. *Journal of Ecohumanism*, 3(8), 6305–6314. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i8.5232>
- Barrot, J. S., & Agdeppa, M. A. (2021). Investigating syntactic complexity and language-related error patterns in EFL students' writing: corpus-based and epistemic network analyses. *Cercles Journal of English Studies*, 13, 1–25. <https://doi.org/10.1515/cercles-2023-2009>
- Bashori, M. (2021). The development of intra-individual variability in academic writing: A study on lexical diversity and lexical sophistication. *Studies in English Language and Education*, 8(2), 745–758. <https://doi.org/10.24815/siele.v8i2.16843>
- Beier, S., Berlow, S., Boucaud, E., Bylinskii, Z., Cai, T., Cohn, J., ... & Wolfe, B. (2022). Readability research: An interdisciplinary approach. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 16(4), 214–324. <https://doi.org/10.1561/11000000089>
- Besuglov, E., & Crasselt, N. (2021). The effect of readability and language choice in management accounting reports on risk-taking: an experimental study. *Journal of Business Economics*, 91(1), 5–33. <https://doi.org/10.1007/s11573-020-00980-4>
- Bonsall, S. B., Leone, A. J., Miller, B. P., & Rennekamp, K. M. (2020). The impact of readable financial disclosures on the corporate bond market. *Contemporary Accounting Research*, 37(2), 789–817. <https://doi.org/10.1111/1911-3846.12544>
- Cai, T., Wallace, S., Rezvanian, T., Dobres, J., Kerr, B., Berlow, S., ... & Bylinskii, Z. (2022). Personalized font recommendations: Combining ml and typographic guidelines to optimize readability. In *Proceedings of the 2022 ACM Designing Interactive Systems Conference* (pp. 1–25). <https://doi.org/10.1145/3532106.3533457>
- Crossley, S. A., Yang, H. S., & McNamara, D. S. (2014). What's so simple about simplified texts? A computational and psycholinguistic investigation of text comprehension and text processing. *Reading in a Foreign Language*, 26(1), 92–113. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1031308.pdf>

- Deutsch, T., Jasbi, M., & Shieber, S. (2020). Linguistic features for readability assessment. In *Proceedings of the 15th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications*, (pp.1–17), Seattle, WA, USA. Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.bea-1.1>
- Fry, E. (1968). A Readability Formula That Saves Time. *Journal of Reading*, 11(7), 513–578. <http://www.jstor.org/stable/40013635>
- Guerrero, S. E., Astudillo, M., Jurado, V. O., Robalino, G., & Riera, F. (2025). Online Academic Tutoring for English Language Learning: A Case Study of Receptive Skills Development in Ecuadorian Students. *World Journal of English Language*, 15(1), 413-413. <https://doi.org/10.5430/wjel.v15n1p413>
- Han, Y., Ceross, A., & Bergmann, J. H. (2024). The use of readability metrics in legal text: A systematic literature review. *Computer Science: Computation and Language*, 1-22. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.09497>
- Haninda, M. H., & Bram, B. (2021). Academic writing of EFL students' undergraduate theses: A discourse marker analysis. *ELS Journal on Interdisciplinary Studies in Humanities*, 51(1), 109–114. <https://doi.org/10.34050/elsjish.v5i1.19719>
- Hu, T. (2023). Readability assessment of advanced English textbooks: A corpus- linguistic study. *Theory and Practice in Language Studies*, 13(1), 251-256. <https://doi.org/10.17507/tpls.1301.29>
- Hyland, K. (2015). Metadiscourse. In Tracy, K. (ed.) *International Encyclopaedia of Language and Social Interaction*. Oxford: Wiley-Blackwell
- Imperial, J. M. (2021). BERT Embeddings for Automatic Readability Assessment. *Computer Science: Computation and Language*, 1-8. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.07935>
- Kapranov, O. (2020). The use of discourse markers in academic writing by in-service primary school teachers of English. *Polish Journal of English Studies*, 6(1), 37–52. <https://doi.org/10.2478/pjes-2020-0009>
- Kincaid, J. P., Fishburne Jr, R. P., Rogers, R. L., & Chissom, B. S. (1975). *Derivation of new readability formulas (automated readability index, fog count and flesch reading ease formula) for navy enlisted personnel*. <https://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1055&context=istlibrary>
- Kirk, S. (2007). Methodological and ethical issues in conducting qualitative research with children and young people: A literature review. *International Journal of Nursing Studies*, 44(7), 1250–1260. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2006.08.015>
- Kukafka, R., & Arguello, M. (2021). Assessing the readability of policy documents on the Digital Single Market of the EU. *European Policy Analysis*, 7(2), 235–250. <https://doi.org/10.1002/epa2.1110>
- Lazzeretti, C. (2021). Communicating Sustainable Tourism in English and Italian: A Contrastive Analysis. *Linguae & Rivista di lingue e culture moderne*, 19(2), 133-154. <https://doi.org/10.7358/ling-2020-002-lazz>
- Lee, J., & Vajjala, S. (2022). A neural pairwise ranking model for readability assessment. *Computer Science: Computation and Language*, 1-12. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.07450>
- Li, C., Wang, X., & Qian, L. (2025). Exploring syntactic complexity and text readability in an ELT textbook series for Chinese English majors. *SAGE Open*, 15(1), 1-17, <https://doi.org/10.1177/21582440251323619>
- Long, M. (2022). Effects of lexical richness on text readability of medical journal articles. *International Journal of Social Science and Education Research*, 5(5), 80–87. [https://doi.org/10.6918/IJOSSER.202205_5\(5\).0011](https://doi.org/10.6918/IJOSSER.202205_5(5).0011)
- Maamuujav, U. (2021). Examining lexical features and academic vocabulary use in adolescent L2 students' text-based analytical essays. *Assessing Writing*, 47, 100540. <https://doi.org/10.1016/j.asw.2021.100540>
- Mahadini, M. K., Setyaningsih, E., & Sarosa, T. (2021). Using conventional rubric and Coh-Metrix to assess EFL students' essays. *International Journal of Language Education*, 54, 260-270. <https://doi.org/10.26858/ijole.v5i4.19105>

- McNamara, D. S., Crossley, S. A., & Roscoe, R. (2013). Natural language processing in an intelligent writing strategy tutoring system. *Behaviour Research Methods*, 45, 499-515. <http://dx.doi.org/10.3758/s13428-012-0258-1>
- Meng, C., Chen, M., Mao, J., & Neville, J. (2021). Readnet: A hierarchical transformer framework for web article readability analysis. In *Advances in Information Retrieval: 42nd European Conference on IR Research, ECIR 2020, Lisbon, Portugal, April 14–17, 2020, Proceedings, Part I* 42 (pp. 33-49). Springer International Publishing. <https://arxiv.org/pdf/2103.04083>
- Mora, F., Quito, R., & Macías, L. (2021). Reading comprehension and reading speed of university English language learners in Ecuador. *Journal of English Language Teaching and Applied Linguistics*, 3(11), 11-31. <https://doi.org/10.32996/jeltal.2021.3.11.3>
- Müngen, A. (2023). Exploring Lexical Richness in English-Language theses Across Disciplines: A Comparative Analysis. *Journal of Scientometric Research*, 12(2), 459-468. <https://doi.org/10.5530/jscires.12.2.042>
- Nasrollahi, A., Amini, D., & Nourdad, N. (2022). The effects of interactive writing strategy on lexical complexity in EFL students' written performance. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 18(1), 280–293. <https://doi.org/10.48185/tts.v6i1.1364>
- Noguera, C. (2013). English-written abstracts for Spanish publications: A challenge in the globalization of science. *LFE: Revista de Lenguas para Fines Específicos*, 19, 365–384. <https://ojsspd.culpgc.es/ojs/index.php/LFE/article/view/24>
- Ondondo, E. A., & Rew, F. O. (2020). Discourse markers and plagiarism in the literature review section of a research thesis: A study in Kenya. *Communication and Linguistics Studies*, 6(2), 27–33. <https://doi.org/10.11648/j.cls.20200602.13>
- Pasaribu, A. N., Pasaribu, T. K., Sinambela, E., & Manullang, V. R. (2022). Interactive metadiscourse markers in Indonesian EFL students' academic writing. *English Review. Journal of English Education*, 10(3), 883-890. <https://doi.org/10.25134/erjee.v10i3.6817>
- Rafatbakhsh, E., & Ahmadi, A. (2023). Predicting the difficulty of EFL reading comprehension tests based on linguistic indices. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 8(41), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40862-023-00214-4>
- Riznanda, W. A. (2021). Discourse Markers in Tertiary Level Students' Essay Writing: Ability and Problems. *English Franca: Academic Journal of English Language and Education*, 5(1), 1–16. <https://doi.org/10.29240/ef.v5i1.1193>
- Siregar, M. S., Hara, N. T., & Sinar, T. S. (2024). Lexical density and readability in students' thesis introductions. *KLAUSA: Kajian Linguistik, Pembelajaran Bahasa, dan Sastra*, 8(1), 71-79. <https://jurnal.machung.ac.id/index.php/klausu/article/view/948/395>
- Stone, R., de Hoop, T., Coombes, A., & Nakamura, P. (2019). What works to improve early grade literacy in Latin America and the Caribbean? A systematic review and meta-analysis. *Campbell Systematic Reviews*, 16(1), e1067. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8356313/>
- Tarzeen, R., & Tahir, A. (2024). Analyzing the Impact of Discourse Markers in Academic Writing: A Corpus-Based Approach. *Pakistan Languages and Humanities Review*, 8(3), 138-166. [https://doi.org/10.47205/plhr.2024\(8-III\)13](https://doi.org/10.47205/plhr.2024(8-III)13)
- Tiago, F., Gil, A., Stemberger, S., & Borges-Tiago, T. (2021). Digital sustainability communication in tourism. *Journal of Innovation & Knowledge*, 6(1), 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2019.12.002>
- Tovar, R. (2022). Lexical richness of abstracts in scientific papers in Anglophone and non-Anglophone journals. *MEXTESOL Journal*, 46(2), 1-12. <https://doi.org/10.17576/3L-2022-2802-15>

- Vajjala, S. (2021). Trends, Limitations and Open Challenges in Automatic Readability Assessment Research. *Computer Science: Computation and Language*, 1-12. <https://arxiv.org/abs/2105.00973>
- Wang, J., & Zeng, L. (2021). Disciplinary recognized self-presence: Self-mention used with hedges and boosters in PhD students' research writing. *SAGE Open*, 11(2), 1-13, <https://doi.org/10.1177/21582440211005454>
- Xu, Y., & Casal, J. E. (2023). Navigating complexity in plain English: A longitudinal analysis of syntactic and lexical complexity development in L2 legal writing. *Journal of Second Language Writing*, 62, 101059. <https://doi.org/10.1016/j.jslw.2023.101059>
- Young, D. J. (1999). Linguistic Simplification of Second Language Reading Material: Effective Instructional Practice? *The Modern Language Journal*, 83(3), 350-366. <https://www.jstor.org/stable/330258>
- Yu, Z. (2022). Financial report readability and accounting conservatism. *Journal of Risk and Financial Management*, 15(10), 454. <https://doi.org/10.3390/jrfm15100454>
- Zainurrahman, Z., Yusuf, F. N., & Sukyadi, D. (2024). Text readability: its impact on reading comprehension and reading time. *Journal of Education and Learning*, 18(4), 1422-1432. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21724>
- Zhang, W. (2020). Lexical richness in L2 writing: An investigation of advanced EFL learners' lexical use. *System*, 96, 102402. <https://doi.org/10.1016/j.system.2020.102402>

El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como eje para fortalecer la educación inclusiva en Durán, Ecuador

Universal Design for Learning (UDL) as a Core Strategy to Strengthen Inclusive Education in Durán, Ecuador

Bernardo Josue Encalada Escobar¹ <https://orcid.org/0009-0004-0121-3611>,

Ernesto Isaac Encalada Escobar¹ <https://orcid.org/0009-0000-1798-4585>

¹Escuela de Educación Básica Particular Ciudad de Jerusalén, Durán, Ecuador

josueencalada@gmail.com, ernestoo.1994@gmail.com



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

Enviado: 2025/09/08

Aceptado: 2025/11/25

Publicado: 2026/06/15

Resumen

La presente investigación analiza la implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como estrategia para fortalecer la educación inclusiva en el cantón Durán, provincia del Guayas, Ecuador. El estudio se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo descriptivo, utilizando una encuesta estructurada aplicada a 25 docentes de instituciones fiscales, con el propósito de identificar su nivel de conocimiento, uso y percepción del DUA en la práctica pedagógica. Los resultados evidencian que, aunque la mayoría de los docentes reconoce la importancia del enfoque y aplica algunas de sus estrategias, su implementación continúa siendo parcial debido a la limitada formación especializada, la escasez de recursos didácticos accesibles y la falta de acompañamiento institucional. Entre los aportes identificados destacan la mejora en la participación estudiantil, la flexibilización de los métodos de enseñanza y la atención a la diversidad en el aula regular; no obstante, las barreras detectadas demuestran la necesidad de fortalecer programas de capacitación continua y de invertir en recursos inclusivos que permitan aplicar el DUA de manera sistemática. Los hallazgos obtenidos pueden orientar la toma de decisiones educativas y resultar transferibles a otros contextos escolares ecuatorianos con características socioeducativas similares, contribuyendo al avance de una educación más inclusiva y equitativa.

Palabras clave: Diseño Universal para el Aprendizaje, educación inclusiva, accesibilidad, discapacidad, política educativa.

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

Como citar: Encalada, B. & Encalada, E. (2026). El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como eje para fortalecer la educación inclusiva en Durán. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 141-160.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1385>

Abstract

This study examines the implementation of Universal Design for Learning (UDL) as a strategy to strengthen inclusive education in the canton of Durán, Guayas Province, Ecuador. The research employed a descriptive quantitative approach, using a structured survey administered to 25 teachers from public institutions to identify their knowledge, use, and perceptions of UDL in their teaching practice. The findings reveal that although most teachers recognize the value of UDL and apply some of its strategies, its implementation remains partial due to limited specialized training, lack of accessible teaching resources, and insufficient institutional support. Among the main contributions are improved student participation, greater flexibility in instructional methods, and increased attention to learner diversity in regular classrooms. However, the identified barriers indicate the need to strengthen continuous professional development programs and invest in inclusive resources that enable the systematic application of UDL. The results of this study may inform educational decision-making and be transferable to other Ecuadorian school contexts with similar socio-educational characteristics, contributing to the advancement of a more inclusive and equitable education system.

Keywords: Universal Design for Learning, inclusive education, accessibility, disability, educational policy.

Introducción

En las últimas décadas, la educación inclusiva ha cobrado una relevancia sustancial dentro de las agendas pedagógicas y políticas de América Latina, en respuesta a los compromisos internacionales de garantizar el principio que asegura igualdad de oportunidades en una educación de alto nivel para todos. Ecuador, en particular, ha avanzado en la formulación de marcos legales y programas que promueven la integración de estudiantes con discapacidad en el sistema educativo, sin embargo, persisten retos estructurales y metodológicos que dificultan su implementación efectiva (UNESCO, 2020). El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) se presenta como una de las alternativas más innovadoras para atender la diversidad, ya que propone, desde la planificación curricular, la eliminación de barreras a través de principios que fomentan variadas formas de representación, expresión y participación (CAST, 2018).

El DUA no se limita a una adaptación posterior, sino que plantea el diseño anticipado de experiencias de aprendizaje que respondan a la heterogeneidad del estudiantado. Diversos estudios han evidenciado su impacto positivo en la participación activa y el rendimiento académico de estudiantes con necesidades educativas especiales y otros grupos en situación de vulnerabilidad (Meyer et al., 2014; Echeita, 2021). A pesar de ello, en Ecuador su adopción en el nivel escolar y docente aún es incipiente, especialmente fuera de los contextos urbanos o de instituciones experimentales.

El presente artículo busca analizar el grado de apropiación e implementación del DUA en contextos escolares ecuatorianos, a través de una revisión crítica de la normativa vigente, el análisis de experiencias institucionales y la identificación de los principales avances y obstáculos en su aplicación. Se parte de la premisa de que el DUA representa no solo una estrategia didáctica, sino también un componente clave para avanzar hacia una educación verdaderamente inclusiva. Este trabajo propone una reflexión sobre cómo los principios pueden contribuir a la transformación de prácticas pedagógicas excluyentes, favoreciendo una cultura educativa más flexible, accesible y centrada en el potencial de todos los estudiantes.

En este contexto, el estudio se delimita específicamente al cantón Durán, provincia del Guayas, enfocado en docentes de instituciones fiscales de Educación General Básica

y Bachillerato. Para analizar el nivel de conocimiento, uso y percepción del DUA en la práctica docente local, se empleó un enfoque cuantitativo descriptivo, aplicando una encuesta estructurada a 25 docentes del cantón Durán. Esta delimitación permite contextualizar el análisis y comprender con mayor precisión los avances y limitaciones del DUA en territorios educativos con características socioeconómicas particulares.

Definición del problema

En el contexto educativo ecuatoriano, la inclusión de estudiantes con discapacidad continúa siendo un desafío complejo y multifacético, a pesar de los avances normativos establecidos en la Constitución de la República y la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI). Aunque estos instrumentos garantizan el derecho a una educación inclusiva, en la práctica persisten barreras estructurales, actitudinales y metodológicas que dificultan la participación plena de los estudiantes con necesidades educativas especiales en las aulas regulares (Ministerio de Educación, 2021).

Entre los principales problemas se encuentra la limitada formación específica de los docentes para atender la diversidad, lo cual afecta su capacidad para adaptar los procesos de enseñanza–aprendizaje a las necesidades reales del estudiantado (Basham et al., 2020).

En este escenario, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) se presenta como un enfoque pedagógico prometedor; sin embargo, su implementación en Ecuador sigue siendo reducida y poco comprendida, especialmente en instituciones que enfrentan restricciones de recursos y acompañamiento técnico (UNESCO, 2020).

Este problema se vuelve aún más evidente en territorios urbanos–periféricos como el cantón Durán, provincia del Guayas, donde las instituciones fiscales suelen experimentar mayores limitaciones en infraestructura, recursos didácticos adaptados y acceso a tecnologías educativas inclusivas. La insuficiencia de materiales accesibles y la escasa disponibilidad de herramientas tecnológicas adecuadas impiden que el DUA se aplique de manera sistemática, generando una brecha entre la teoría inclusiva y la práctica pedagógica (CAST, 2018).

En este contexto, el problema central que aborda este estudio es la insuficiente implementación del DUA por parte de docentes de instituciones fiscales del cantón Durán, así como la falta de condiciones institucionales que permitan su integración efectiva en la planificación y práctica docente. Por ello, la investigación se orienta a analizar cómo el DUA puede contribuir a superar las barreras existentes, identificando avances, limitaciones y posibles estrategias para fortalecer la inclusión educativa en este territorio específico.

Objetivo general

Analizar la implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) por parte de los docentes de instituciones fiscales del cantón Durán, provincia del Guayas, como una herramienta para fortalecer la educación inclusiva, identificando los avances, desafíos y oportunidades de mejora en la inclusión de estudiantes con discapacidad en las aulas regulares.

Objetivos específicos

Examinar los avances normativos y políticos que han promovido la inclusión educativa en Ecuador, con un enfoque en las políticas públicas que han impulsado el uso del DUA en las escuelas del cantón Durán, provincia del Guayas.

Examinar los avances normativos y políticas públicas que promueven la inclusión educativa en Ecuador, con énfasis en aquellas que han impulsado el uso del DUA en las instituciones fiscales del cantón Durán.

Identificar las barreras y desafíos que enfrentan los docentes de instituciones fiscales del cantón Durán para implementar el DUA, especialmente en lo referente a formación, recursos pedagógicos y apoyo institucional.

Evaluar la percepción y nivel de aplicación del DUA por parte de los docentes encuestados, analizando su contribución a la accesibilidad y participación de estudiantes con discapacidad en el aula regular.

Proponer recomendaciones y estrategias para fortalecer la formación docente, optimizar el acceso a recursos inclusivos y mejorar las condiciones institucionales para la implementación del DUA en el cantón Durán

Justificación

La educación inclusiva es un derecho fundamental que garantiza que todos los estudiantes, independientemente de sus características, accedan a un aprendizaje significativo (Burgstahler, 2022).

En este contexto, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) se constituye como una metodología clave para asegurar la participación equitativa de los estudiantes, especialmente de aquellos con discapacidad, mediante la flexibilización de los procesos pedagógicos y la eliminación de barreras en el aprendizaje.

En el cantón Durán, provincia del Guayas, esta necesidad es especialmente relevante debido a las condiciones socioeducativas del territorio y a las limitaciones que enfrentan las instituciones fiscales, entre ellas la escasa formación docente específica, la insuficiencia de recursos didácticos adaptados y los desafíos culturales y actitudinales que afectan la inclusión educativa. Evaluar cómo los docentes de escuelas fiscales de Durán están implementando el DUA permite comprender la realidad local y detectar brechas entre la normativa inclusiva y su aplicación práctica.

Diversos estudios han demostrado que el DUA favorece la participación activa, el acceso equitativo a los contenidos y la mejora del rendimiento escolar (Meyer et al., 2014). Sin embargo, su implementación efectiva requiere condiciones institucionales adecuadas, capacitación continua y apoyo técnico especializado, aspectos señalados como esenciales para la sostenibilidad del enfoque (CAST, 2018). En Durán, estas condiciones no siempre están garantizadas, por lo que resulta necesario analizar el nivel de conocimiento, uso y percepción del DUA entre los docentes como paso previo a su fortalecimiento. La relevancia del estudio radica en que sus resultados proporcionan información útil para docentes, directivos y autoridades educativas, al evidenciar las necesidades reales de capacitación, recursos y acompañamiento pedagógico que demanda la inclusión. Además, los hallazgos obtenidos son transferibles a otros cantones del país con características similares, especialmente aquellos con contextos urbanos-periféricos y limitaciones estructurales, lo que aumenta su valor para la formulación de políticas y estrategias de educación inclusiva.

Por lo tanto, este estudio no solo aporta al análisis del uso del DUA en Durán, sino que ofrece recomendaciones aplicables a otros contextos educativos del Ecuador, contribuyendo

a la construcción de escuelas más accesibles, equitativas y comprometidas con la diversidad, participación e inclusión de los estudiantes con discapacidad en las aulas regulares.

Marco teórico

El marco teórico de este estudio se centra en los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), cuyo propósito es ofrecer un modelo de enseñanza adaptable que favorezca la participación de todos los estudiantes, incluso de quienes presentan alguna discapacidad, dentro del proceso educativo. Además, se abordan conceptos clave como la inclusión educativa, la accesibilidad, y los desafíos de implementar el DUA en el contexto de las escuelas del cantón Durán, provincia del Guayas, Ecuador.

Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)

El Diseño Universal para el Aprendizaje es un enfoque pedagógico basado en la idea de que todos los estudiantes tienen diferentes maneras de aprender y, por lo tanto, requieren distintos métodos de enseñanza. El DUA propone la creación de entornos de aprendizaje flexibles y diversos que respondan a las necesidades individuales de los estudiantes (Meyer et al., 2014). Su fundamento radica en tres principios esenciales:

Proporcionar múltiples formas de representación

Es crucial ofrecer la información de diferentes maneras (visual, auditiva, táctil, etc.) para que los estudiantes puedan acceder a los contenidos de acuerdo con sus estilos de aprendizaje. Esto puede incluir el uso de tecnologías de apoyo, recursos didácticos diversificados y estrategias de enseñanza multisensoriales.

Proporcionar múltiples formas de expresión

Permitir que los estudiantes expresen lo que han aprendido de diferentes maneras (por ejemplo, oralmente, por escrito, mediante presentaciones visuales) para que puedan demostrar su comprensión de acuerdo con sus habilidades y fortalezas.

Proporcionar múltiples formas de compromiso

El DUA promueve la motivación del estudiante, considerando sus intereses y experiencias previas, y ofreciéndole oportunidades para tomar decisiones sobre su aprendizaje, lo que fomenta la autonomía y el sentido de pertenencia (Alba-Pastor, 2019; CAST, 2018).

Educación inclusiva y su contexto en Ecuador

La educación inclusiva, definida por la UNESCO (2009) como el proceso que permite que todos los estudiantes, independientemente de sus características, puedan participar activamente en el aula, es un derecho fundamental en Ecuador. La Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI), aprobada en 2011, reconoce el derecho a la educación para todas las personas, incluyendo a aquellas con discapacidades. Esta ley establece principios para garantizar el acceso, la permanencia, la segregación y la participación plena de los estudiantes con discapacidad en la educación regular.

Sin embargo, aunque se han realizado esfuerzos significativos para avanzar hacia una educación inclusiva en el país, persisten desafíos en la implementación efectiva de estos principios. La escasez de recursos, la falta de formación especializada para los docentes, y las actitudes discriminatorias hacia los estudiantes con discapacidad continúan siendo barreras importantes (Montoya-Naguas et al., 2024).

La Inclusión Educativa en Durán

Durán es uno de los cantones de la provincia del Guayas con altos índices de vulnerabilidad socioeducativa, situación que afecta la calidad y equidad del proceso formativo en las instituciones fiscales del territorio. Según datos del Ministerio de Educación (2021), estas instituciones enfrentan desafíos significativos en infraestructura, capacitación docente y acceso a recursos educativos, lo que limita la inclusión efectiva de estudiantes con discapacidad en las aulas regulares.

En este contexto, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) representa una oportunidad para mejorar la atención a la diversidad en las escuelas fiscales de Durán, ya que permite flexibilizar la enseñanza y eliminar barreras que afectan la participación de los estudiantes. Su implementación adecuada puede contribuir a resolver problemas persistentes relacionados con accesibilidad, participación y adaptaciones curriculares.

Retos y oportunidades del DUA en las escuelas de Durán

A pesar de los avances normativos en Ecuador para promover la educación inclusiva, la aplicación del DUA en las instituciones fiscales de Durán enfrenta desafíos importantes. Uno de los principales es la falta de formación continua y especializada de los docentes en metodologías inclusivas, lo cual dificulta la implementación coherente del enfoque (Rao, et al, 2014; Cabero & Palacios, 2020). Adicionalmente, muchas instituciones carecen de recursos pedagógicos accesibles y herramientas tecnológicas necesarias para adaptar el aprendizaje a las características de todos los estudiantes (Mitchell & Rienties, 2020).

No obstante, el DUA también ofrece oportunidades significativas. Su enfoque favorece la personalización del aprendizaje, facilita la adaptación de contenidos y evaluaciones para estudiantes con discapacidad y promueve la participación activa del estudiantado, lo que incrementa la motivación y el compromiso con el aprendizaje (UNESCO, 2020). Así, el DUA tiene el potencial de transformar las prácticas pedagógicas en las escuelas fiscales del cantón Durán y consolidar entornos educativos más equitativos y accesibles.

Metodología

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, con el propósito de analizar cómo los docentes de instituciones fiscales del cantón Durán, en la provincia del Guayas, implementan el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y cuál es su percepción respecto a este enfoque inclusivo.

Para la recolección de información se utilizó una encuesta estructurada como instrumento principal, diseñada para identificar el nivel de conocimiento, uso y valoración del DUA por parte de los docentes participantes.

Población y muestra

La población de este estudio estuvo conformada por docentes de instituciones fiscales del cantón Durán, provincia del Guayas, quienes imparten clases en los niveles de Educación General Básica y Bachillerato.

La muestra estuvo integrada por 25 docentes, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando su accesibilidad y disponibilidad para participar en el estudio. Los docentes pertenecen a diferentes áreas del conocimiento (humanidades, ciencias, matemáticas, entre otras), lo que permitió obtener una representación variada del cuerpo docente fiscal del cantón (Otzen & Manterola, 2017).

Instrumentos de recolección de datos

Se diseñó un cuestionario estructurado con preguntas cerradas y de opción múltiple, dirigido exclusivamente a docentes de instituciones fiscales del cantón Durán, provincia del Guayas. El instrumento abordó cinco áreas principales:

Conocimiento sobre el DUA: nivel de familiaridad, formación previa y comprensión conceptual del enfoque.

Implementación del DUA: frecuencia y formas en que los docentes aplican los principios del DUA en su práctica pedagógica.

Percepción del DUA: valoración docente sobre su utilidad para mejorar la accesibilidad y la inclusión dentro del aula.

Barreras y desafíos: dificultades identificadas por los docentes al intentar aplicar el DUA en instituciones fiscales, incluyendo limitaciones de infraestructura, recursos y capacitación.

Capacitación docente: necesidades de formación continua y recursos que los docentes consideran indispensables para aplicar el DUA de manera efectiva.

El cuestionario se aplicó mediante la plataforma Google Forms, facilitando la accesibilidad, la organización y el registro de las respuestas.

Proceso de recolección de datos

La recolección de datos se realizó de manera virtual, considerando la disponibilidad y accesibilidad de los docentes participantes. Antes de responder el cuestionario, los docentes fueron informados sobre los objetivos del estudio y otorgaron su consentimiento informado, asegurándoles el anonimato, la confidencialidad de sus respuestas y el uso exclusivo de los datos con fines académicos. El tiempo promedio estimado para completar la encuesta fue de 15 a 20 minutos.

Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron procesados mediante estadística descriptiva, analizando frecuencias y porcentajes para cada una de las variables consideradas en el cuestionario. El procesamiento se realizó mediante herramientas ofimáticas como Microsoft Excel, lo que permitió identificar tendencias, patrones y percepciones comunes sobre la implementación del DUA en instituciones fiscales del cantón Durán. Los resultados fueron presentados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación.

Consideraciones éticas

El estudio cumplió con los principios éticos de la investigación educativa, garantizando el respeto, la autonomía y la voluntariedad de los participantes. Se aseguró: el anonimato de los docentes, la confidencialidad de la información, y la posibilidad de retirarse libremente del estudio sin repercusiones.

Limitaciones

Una de las principales limitaciones del estudio fue el tamaño de la muestra (25 docentes), lo que restringe la posibilidad de generalizar los resultados a todas las instituciones fiscales del cantón Durán. Además, la disponibilidad de los docentes para participar pudo influir en la diversidad de perfiles representados. A pesar de ello, la muestra permitió obtener una visión clara y pertinente sobre la situación actual de la implementación del DUA en el contexto fiscal del cantón.

Resultados y análisis

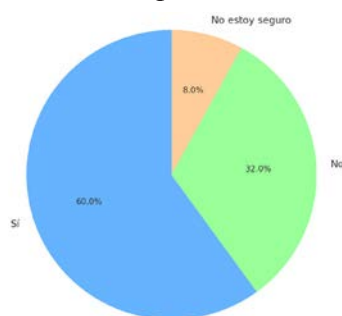
Tabla 1

¿Conoce el concepto de Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)?

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí	15	60%
No	8	32%
No estoy seguro	2	8%

Figura 1

Conocimiento del concepto de DUA entre docentes



El 60 % de los docentes afirma conocer el DUA, mientras que un 32 % indica que no, y un 8 % se muestra indeciso. Esto sugiere que, aunque existe un reconocimiento general del concepto, una parte importante del profesorado aún requiere formación específica. La literatura señala que el nivel de familiaridad docente con estrategias inclusivas como el DUA depende directamente de los procesos de capacitación continua y del acceso a recursos pedagógicos adecuados (García-Peñalvo et al., 2021; Meyer et al., 2014).

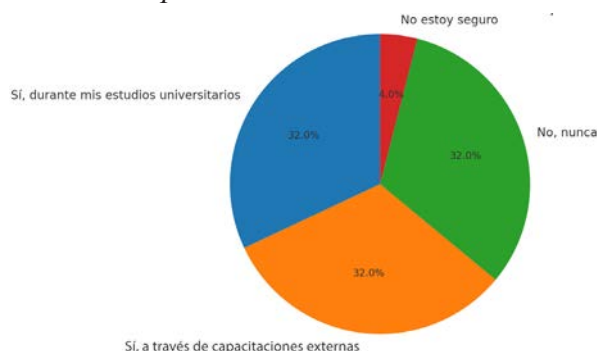
Tabla 2

¿Ha recibido formación sobre DUA en su formación académica o capacitación docente?

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí, durante estudios universitarios	8	32%
Sí, capacitaciones externas	8	32%
No, nunca	8	32%
No estoy seguro	1	4%

Figura 2

Formación previa de los docentes sobre DUA

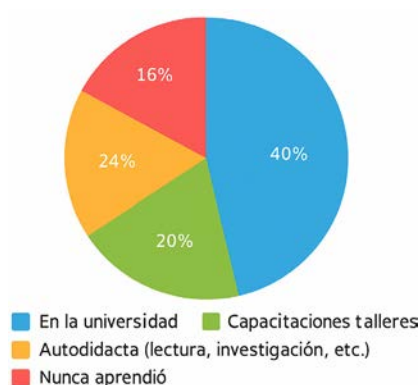


El 64 % de los docentes recibió formación formal o externa, mientras que un 32 % nunca la recibió. Esto evidencia la necesidad de fortalecer la capacitación en DUA dentro de la formación docente universitaria y la actualización profesional (Alonso-Tapia et al., 2021).

Tabla 3
¿Dónde aprendió sobre DUA?

Fuente	Número de docentes	Porcentaje
Universidad	6	24%
Capacitaciones o talleres	10	40%
Autodidacta (lectura, investigación)	5	20%
Nunca aprendió	4	16%

Figura 3
Fuentes de aprendizaje sobre DUA



La mayoría (40 %) adquirió conocimientos mediante capacitaciones externas, seguido de la universidad (24 %). La modalidad autodidacta es menos frecuente (20 %). Esto refleja que la educación formal aún no garantiza el dominio del DUA, y que la capacitación continua es clave (Alonso-Tapia et al., 2021; Meyer et al., 2014).

Tabla 4
Aplica alguna estrategia del DUA en su enseñanza diaria

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí	20	80%
No	3	12%
No estoy seguro	2	8%

Figura 4
Aplicación de estrategias DUA en la enseñanza diaria

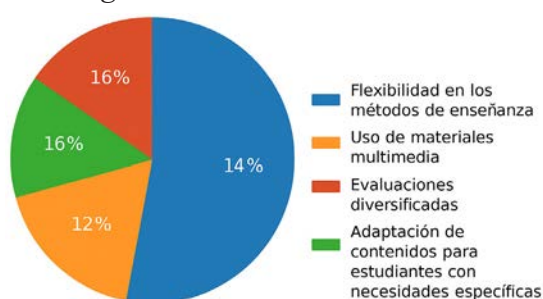


El 80 % de los docentes implementa estrategias del DUA, mostrando una alta adopción. Sin embargo, el 20 % restante indica resistencia o inseguridad, lo que resalta la importancia de la formación continua y el acompañamiento institucional (Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez, 2020).

Tabla 5
Estrategias utilizadas en el aula

Estrategia	Número de docentes	Porcentaje
Flexibilidad en los métodos de enseñanza	14	56%
Uso de materiales multimedia	3	12%
Evaluaciones diversificadas	4	16%
Adaptación de contenidos para estudiantes con discapacidad	4	16%

Figura 5
Estrategias del DUA utilizadas en el aula

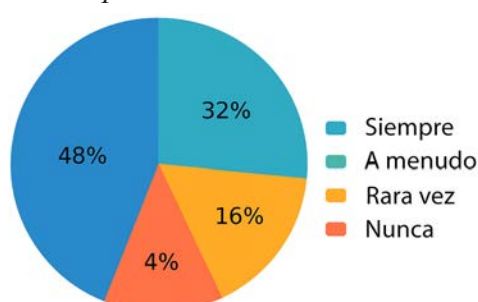


La flexibilidad metodológica es la estrategia más aplicada (56 %), lo que coincide con estudios que señalan que adaptar la enseñanza a la diversidad de estudiantes es fundamental para la inclusión (Meyer et al., 2014). Las evaluaciones diversificadas y adaptaciones de contenido son menos frecuentes, evidenciando áreas de mejora.

Tabla 6
¿Cuán frecuentemente implementa el DUA en sus lecciones?

Frecuencia	Número de docentes	Porcentaje
Siempre	12	48%
A menudo	8	32%
Rara vez	4	16%
Nunca	1	4%

Figura 6
Frecuencia de implementación del DUA en las lecciones



El 48 % de los docentes implementa el DUA de manera constante, mientras que un 32 % lo hace de forma frecuente pero no sistemática. Solo un 20 % rara vez o nunca aplica estas estrategias, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la formación y supervisión docente. Esto coincide con estudios recientes que señalan que la frecuencia de uso del DUA está directamente relacionada con la capacitación docente y el apoyo institucional (Rao, Ok & Bryant, 2014; Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez, 2020).

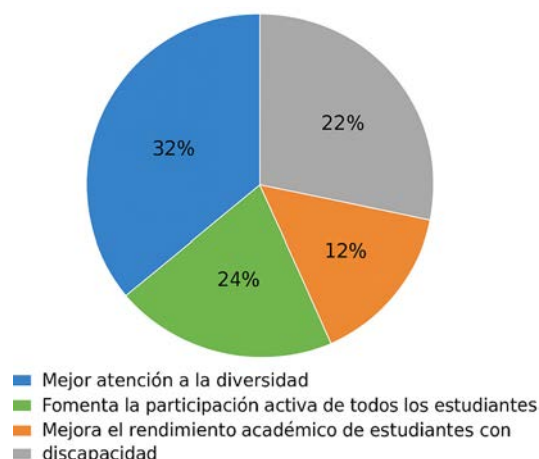
Tabla 7

¿Cuáles considera que son los mayores beneficios del DUA en su aula?

Beneficio	Número de docentes	Porcentaje
Mejor atención a la diversidad	8	32%
Fomenta la participación activa de todos	6	24%
Mejora el rendimiento de estudiantes con discapacidad	3	12%
No estoy seguro	8	32%

Figura 7

Beneficios percibidos del DUA en el aula



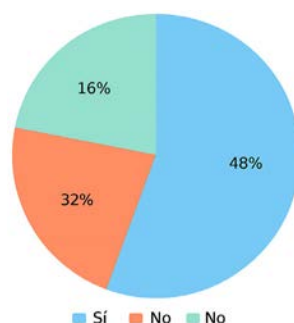
El 32 % percibe que el DUA mejora la atención a la diversidad, y otro 32 % no está seguro, lo que indica que aún hay docentes que necesitan evidencia o formación para valorar completamente los efectos del DUA. Estudios recientes confirman que la percepción positiva aumenta significativamente cuando los docentes reciben capacitación específica y observan resultados tangibles en el aula (Montoya-Naguas et al., 2024). Asimismo, la participación activa y el rendimiento académico son beneficios reconocidos, pero menos mencionados en este grupo, mostrando áreas donde se pueden implementar estrategias más efectivas para maximizar el potencial inclusivo del modelo (Andrango-Analuís et al., 2025).

Tabla 8

¿Cree que el DUA ha mejorado la inclusión educativa en su aula?

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí	12	48%
No	8	32%
No estoy seguro	4	16%

Figura 8
Mejora de la inclusión educativa con el DUA



El 48 % de los docentes considera que el DUA ha mejorado la inclusión, mientras que el 32 % no lo percibe y un 16 % se mantiene indeciso. Esto refleja que la implementación del DUA puede ser efectiva, pero depende críticamente de la capacitación, los recursos disponibles y la planificación pedagógica (Alonso-Tapia et al., 2021; Castellanos et al., 2021; UNESCO, 2020).

Tabla 9
¿Cree que el DUA favorece el rendimiento académico de los estudiantes con discapacidad?

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí	12	48%
No	8	32%
No estoy seguro	5	20%

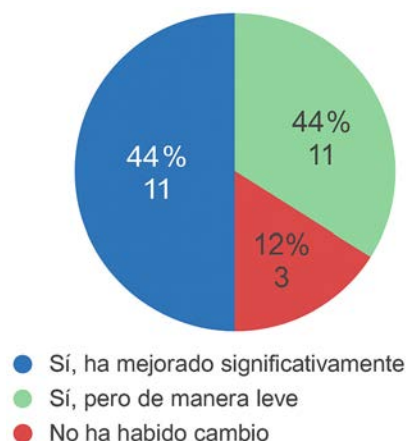
Figura 9
Impacto del DUA en el rendimiento académico de estudiantes con discapacidad



Casi la mitad de los docentes reconoce un impacto positivo del DUA en el rendimiento académico, mientras que otro 32 % no lo percibe. La incertidumbre del 20 % podría estar relacionada con la falta de formación o experiencia práctica en estrategias inclusivas, lo que limita la capacidad docente para vincular el diseño curricular con resultados de aprendizaje tangibles (Alonso-Tapia et al.2021; López & Mendoza, 2024).

Tabla 10
¿Ha notado una mejora en la participación de los estudiantes después de implementar el DUA?

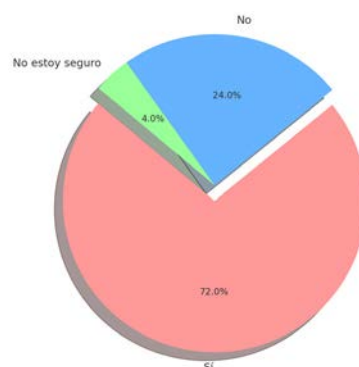
Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí, ha mejorado significativamente	11	44%
Sí, pero de manera leve	11	44%
No ha habido cambio	3	12%

Figura 10*Mejora en la participación de los estudiantes tras implementar DUA*

El 44 % de los docentes considera que la participación mejoró significativamente, mientras que otro 44 % la percibe como leve. Solo un 12 % no observa cambios. Estos resultados muestran que el DUA promueve la participación activa, aunque su efectividad depende de la implementación correcta y del acompañamiento docente (Alba-Pastor, 2019; García-Peñalvo et al., 2021; Meyer et al., 2014).

Tabla 11*¿Considera que el DUA promueve una mayor colaboración entre los estudiantes en su aula?*

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí	18	72%
No	6	24%
No estoy seguro	1	4%

Figura 11*Promoción de la colaboración entre estudiantes mediante el DUA*

La mayoría de los docentes (72 %) considera que el DUA fomenta la colaboración entre los estudiantes, lo que coincide con estudios que destacan la importancia de metodologías inclusivas para favorecer el trabajo colaborativo y la interacción entre pares (Booth & Ainscow, 2015; UNESCO, 2020). Un 24 % no percibe este efecto, lo que puede deberse a la falta de experiencia práctica o recursos adecuados, y un 4 % se mantiene indeciso.

Tabla 12*¿Qué barreras ha enfrentado al intentar implementar el DUA en su aula?*

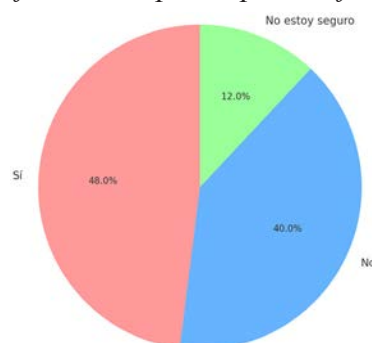
Barrera	Número de docentes	Porcentaje
Falta de recursos materiales	17	68%
Falta de formación o capacitación	3	12%
Resistencia de los estudiantes	2	8%
Falta de apoyo institucional	3	12%

Figura 12*Barreras enfrentadas al implementar el DUA*

La principal barrera identificada por los docentes es la falta de recursos (68 %), lo que refleja la necesidad de mayor inversión en materiales didácticos y tecnología educativa (Sánchez-Fuentes et al., 2016). La falta de formación y el apoyo institucional también aparecen como obstáculos relevantes, aunque en menor proporción. Estas limitaciones pueden afectar la implementación efectiva del DUA y su impacto en la inclusión educativa (García-Peñalvo et al., 2021).

Tabla 13*¿Considera que necesita más formación para implementar efectivamente el DUA?*

Respuesta	Número de docentes	Porcentaje
Sí	12	48%
No	10	40%
No estoy seguro	3	12%

Figura 13*Necesidad de más formación para aplicar efectivamente el DUA*

El 48 % de los docentes reconoce la necesidad de recibir más formación para aplicar correctamente el DUA, mientras que un 40 % considera que tiene la capacitación suficiente y un 12 % se mantiene indeciso. Esto coincide con investigaciones que señalan que la preparación docente es un factor clave para la implementación exitosa de estrategias inclusivas (Alonso-Tapia et al., 2021; Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez, 2020).

Tabla 14

¿Cuáles son los recursos que más le gustaría recibir para mejorar la implementación del DUA en su aula?

Recurso	Número de docentes	Porcentaje
Materiales didácticos adaptados	8	32%
Capacitación continua	12	48%
Tecnología educativa	4	16%
Apoyo de otros docentes	1	4%

Figura 14

Recursos más deseados para mejorar la implementación del DUA



La mayoría de los docentes (48 %) considera que la capacitación continua es el recurso más necesario para aplicar el DUA de manera efectiva. Materiales didácticos adaptados también son importantes para un 32 % de los encuestados. Menor relevancia recibe la tecnología educativa y el apoyo de otros docentes. Esto indica que, además de los recursos físicos, el fortalecimiento de competencias pedagógicas es crucial para garantizar la inclusión educativa (Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez, 2020; UNESCO, 2020).

Resultados y Discusión

Conocimiento sobre el DUA. La primera pregunta indagó si los docentes conocían el concepto de Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). Los resultados muestran que 15 docentes (60 %) afirmaron conocerlo, 8 (32 %) no y 2 (8 %) no estaban seguros. Aunque existe un nivel aceptable de familiaridad inicial, aún es significativo el porcentaje de docentes que carecen de conocimiento claro sobre el DUA. Esto revela una brecha formativa importante en las instituciones fiscales del cantón Durán. La literatura destaca que el conocimiento previo del DUA es esencial para su correcta implementación, ya que facilita la planificación de estrategias inclusivas (CAST, 2018; Meyer et al., 2014).

Formación previa en DUA. Respecto a la formación formal, se evidencia una distribución equitativa: 8 docentes (32 %) recibieron formación universitaria, 8 (32 %) mediante capacitaciones externas y 8 (32 %) nunca se formaron. Este hallazgo confirma que el sistema

de capacitación docente en Durán es irregular y poco estructurado. La ausencia de una política institucional sostenida para formar a los docentes fiscales es un factor crítico que limita la consolidación del DUA, como señalan García-Peñalvo et al. (2021) y Alonso-Tapia et al. (2021).

Fuentes de aprendizaje del DUA. El 40 % aprendió sobre DUA mediante capacitaciones externas, 24 % en la universidad y 20 % de manera autodidacta. Estas cifras reflejan que la formación en DUA depende mayoritariamente de iniciativas individuales o esporádicas, lo que refuerza la necesidad de programas oficiales y continuos de capacitación en las instituciones fiscales del cantón Durán (Montoya-Naguas et al., 2024).

Aplicación de estrategias DUA. El 80 % de los docentes afirmó aplicar estrategias basadas en el DUA. Esto revela una actitud positiva hacia la inclusión, aun cuando la formación no es sólida. Sin embargo, el 20 % que no aplica el enfoque o desconoce si lo hace indica que la implementación es todavía parcial y no sistemática, coincidiendo con lo planteado por Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez (2020).

Estrategias específicas utilizadas. El 56 % emplea flexibilidad metodológica; 16 % usa evaluaciones diversificadas; 12 % utiliza recursos multimedia; y otro 16 % adapta contenidos. Si bien la flexibilidad es el aspecto más aplicado, estrategias más técnicas del DUA (como diversificación de evaluación o adaptación de materiales accesibles) se usan menos. Esto refleja que los docentes aplican principios generales, pero aún no dominan estrategias más avanzadas y profundas del enfoque (Castellanos et al., 2021; López & Mendoza, 2024).

Frecuencia de implementación. Un 48 % implementa el DUA siempre y un 32 % con frecuencia, lo que sugiere un uso mayormente regular. No obstante, el 20 % restante lo usa rara vez o nunca, evidenciando desigualdad en la aplicación según el nivel de formación previa y los recursos disponibles (Andrango-Analuís et al. 2025; García-Peñalvo et al., 2021).

Beneficios percibidos. El 32 % identifica que el principal beneficio es la mejor atención a la diversidad, mientras que otro 32 % no está seguro de los efectos del DUA. Esta división muestra que muchos docentes aún no visualizan claramente los beneficios concretos del DUA debido a su insuficiente capacitación o a la inexistencia de acompañamiento técnico (Booth & Ainscow, 2015; Sánchez-Fuentes et al., 2016).

Inclusión educativa

Percepción sobre la inclusión. El 48 % considera que el DUA mejora la inclusión, y 32 % opina lo contrario. Esto indica que la percepción positiva existe, pero no es completamente generalizada. La inclusión no depende solo de aplicar estrategias del DUA, sino de condiciones institucionales adecuadas (Montoya-Naguas et al., 2024; UNESCO, 2020), que en muchas escuelas fiscales de Durán aún son insuficientes.

Rendimiento académico. El 48 % considera que el DUA favorece el rendimiento de estudiantes con discapacidad, pero el 32 % no lo percibe así. Esto sugiere que la mejora del rendimiento académico no es evidente cuando el DUA se implementa de forma limitada o sin recursos, lo cual coincide con los estudios de CAST (2018) y López & Mendoza (2024).

Mejora en participación. Un 44 % observó una mejora significativa en la participación estudiantil y otro 44 % percibió una mejora leve. Esto demuestra que incluso una aplicación parcial del DUA tiene efectos positivos inmediatos, especialmente en motivación y participación (Alba-Pastor, 2019; Andrango-Analuís et al., 2025).

Promoción de colaboración. Un 44 % observó una mejora significativa en la participación estudiantil y otro 44 % percibió una mejora leve. Esto demuestra que incluso una aplicación parcial del DUA tiene efectos positivos inmediatos, especialmente en motivación y participación (Alba-Pastor, 2019; Andrango-Analuís et al., 2025).

Barreras para implementar el DUA. La mayor barrera reportada es la falta de recursos (68 %), seguida por falta de capacitación (12 %) y falta de apoyo institucional (12 %). Esto comprueba que las instituciones fiscales de Durán requieren inversión, fortalecimiento docente y acompañamiento técnico para mejorar la implementación del enfoque (Castellanos et al., 2021; García-Peñalvo et al. 2021).

Necesidad de formación adicional. El 48 % afirma que necesita más capacitación. Este resultado confirma que la formación continua es el factor determinante para que el DUA se implemente correctamente, permitiendo pasar de un conocimiento teórico superficial a una aplicación práctica efectiva en el aula (Alonso-Tapia et al., 2021; Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez, 2020).

Recursos prioritarios. El 48 % solicita capacitación continua; 32 % materiales adaptados; y 16 % tecnología educativa. Esta priorización revela que los docentes valoran la formación incluso por encima de los recursos físicos, destacando la necesidad de programas de capacitación estructurados y permanentes, especialmente en escuelas fiscales con limitaciones económicas (Montoya-Naguas et al., 2024; UNESCO, 2020).

Conclusiones

La implementación del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en las instituciones fiscales del cantón Durán ha demostrado ser una herramienta con potencial para fortalecer la educación inclusiva, especialmente en lo referente a la flexibilización de los métodos de enseñanza, la participación estudiantil y la atención a la diversidad. Tal como lo señalan Alonso-Tapia et al. (2021), el DUA permite ajustar las prácticas pedagógicas a las necesidades específicas de los estudiantes, lo que se refleja en la percepción positiva de los docentes participantes en este estudio.

Los resultados evidencian que el DUA promueve ambientes de aprendizaje más equitativos, donde los estudiantes con discapacidad pueden participar con mayor autonomía y expresar sus aprendizajes mediante diversas formas de representación y evaluación (CAST, 2018). Esta perspectiva coincide con la literatura reciente que resalta la importancia de la personalización del aprendizaje para avanzar hacia una educación realmente inclusiva (Montoya-Naguas et al., 2024).

Sin embargo, también se identifican desafíos significativos que limitan la adopción plena del enfoque en el cantón Durán. La falta de capacitación específica y continua sigue siendo un obstáculo central, ya que muchos docentes carecen de las herramientas y estrategias necesarias para aplicar el DUA de manera sistemática, como lo evidencian estudios de Castellanos et al. (2021) y Andrango-Analuís et al. (2025).

Además, la insuficiencia de recursos didácticos adaptados y la limitada infraestructura tecnológica dificultan la aplicación efectiva del enfoque, lo cual es consistente con los hallazgos de Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2020) sobre la importancia de contar con recursos accesibles para asegurar buenas prácticas inclusivas.

El estudio también muestra que la participación y colaboración entre estudiantes se fortalecen a través del DUA, lo que coincide con investigaciones que destacan la importancia del trabajo cooperativo y la interacción grupal en entornos inclusivos (Booth & Ainscow, 2015). Los docentes reconocen mejoras en la motivación y el compromiso estudiantil, especialmente cuando se aplican estrategias diversificadas de enseñanza y evaluación (Alba-Pastor, 2019).

Otro hallazgo relevante es la relación entre la experiencia docente, la formación previa y la frecuencia de uso del DUA. Aquellos docentes con mayor formación específica tienden a aplicar el enfoque con mayor regularidad, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la capacitación docente, especialmente en instituciones fiscales que presentan limitaciones estructurales (López & Mendoza, 2024; UNESCO, 2020).

Los resultados también confirman que el apoyo institucional es un factor determinante para la consolidación del DUA. Instituciones que cuentan con liderazgo pedagógico claro, políticas de inclusión bien definidas y acompañamiento docente tienden a mostrar una mayor coherencia en la implementación del enfoque (García-Peñalvo et al., 2021; Sánchez-Fuentes et al., 2016). Por el contrario, la ausencia de estos elementos genera dificultades y resistencia dentro de la comunidad educativa.

El contexto del cantón Durán muestra que la inclusión educativa requiere no solo herramientas metodológicas, sino también un entorno escolar que valore la diversidad, que promueva una cultura inclusiva y ofrezca condiciones adecuadas para el aprendizaje. La integración del DUA dentro del currículo, así como la inversión en materiales accesibles y tecnologías de apoyo, contribuye a mejorar las oportunidades educativas para estudiantes con diferentes ritmos y estilos de aprendizaje (Cabero-Almenara & Palacios-Rodríguez, 2020).

A partir de los resultados obtenidos, se observa que el DUA puede convertirse en un componente clave para transformar las prácticas pedagógicas en Durán, en consonancia con lo planteado por Alonso-Tapia et al. (2021). La evidencia recopilada demuestra que, cuando existe capacitación, recursos adecuados y un liderazgo institucional fuerte, el DUA incrementa la equidad educativa y la participación de los estudiantes, lo que coincide con la literatura internacional sobre educación inclusiva y accesibilidad.

Los hallazgos de este estudio poseen relevancia para otros contextos educativos del Ecuador que comparten características socioeconómicas similares. Las barreras, oportunidades y necesidades identificadas pueden orientar la formulación de estrategias, programas de capacitación y políticas públicas enfocadas en mejorar la inclusión mediante el DUA, tal como sugieren Andrango-Analuiza et al. (2025). Así, el presente estudio aporta evidencia valiosa para promover la consolidación del DUA como un eje fundamental de la educación inclusiva en instituciones fiscales del país.

Reconocimientos y Declaraciones

Financiamiento: El presente estudio no recibió financiamiento externo ni forma parte de ningún proyecto institucional o tesis de posgrado. La investigación fue desarrollada de manera independiente por los autores.

Agradecimientos: Los autores expresan su agradecimiento a los docentes de las instituciones fiscales del cantón Durán por su participación voluntaria y disposición para responder el instrumento aplicado, lo cual permitió el desarrollo de esta investigación.

Contribuciones de autoría (CRediT): Siguiendo la taxonomía CRediT, las contribuciones individuales fueron las siguientes:

Bernardo Josue Encalada Escobar: Conceptualización, metodología, recolección de datos, análisis formal, redacción del borrador original, revisión y edición.

Ernesto Isaac Encalada Escobar: Revisión de literatura, validación metodológica, análisis de resultados, revisión crítica del manuscrito, edición final.

Declaración sobre el uso de IA: De acuerdo con los lineamientos de la revista, los autores declaran lo siguiente: Elaboración del artículo con uso parcial de herramientas de inteligencia artificial, específicamente ChatGPT (versión GPT-5.1), empleada exclusivamente para asistencia en la redacción, mejora de estructura, coherencia textual y edición del lenguaje académico. Todas las decisiones conceptuales, metodológicas, analíticas y de contenido científico fueron realizadas por los autores. No se utilizó IA para el análisis de datos, generación de resultados ni elaboración de aportes teóricos.

Referencias

- Alba-Pastor, C. (2019). *Diseño Universal para el Aprendizaje: Educación para todos y prácticas de enseñanza inclusivas*. Morata.
- Alonso-Tapia, J., Fernández, B., & Martínez, R. (2021). Competencias docentes para la educación inclusiva: Estrategias y prácticas efectivas. *Revista Española de Pedagogía*, 79(280), 321–340. <https://doi.org/10.22550/REP.2021.280.14>
- Andrango-Analuís, D. P., Duta-Toapanta, L. P., Castellano-Valverde, J. J., & Gabriel-Gómez, L. (2025). El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como enfoque inclusivo. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 5(2), 1008–1022. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i2.1181>
- Basham, J. D., Hall, T. E., Carter, R. A., & Stahl, W. M. (2020). Universal Design for Learning: Implications for teacher preparation and practice. *Journal of Special Education Technology*, 35(3), 144–155. <https://doi.org/10.1177/0162643420910052>
- Booth, T., & Ainscow, M. (2015). *Guía para la Educación Inclusiva: Desarrollando el aprendizaje y la participación en los centros escolares*. OEI/FUHEM.
- Burgstahler, S. (2022). Inclusive teaching and learning in higher education: UDL strategies for equitable access. *Equity & Excellence in Education*, 55(2), 204–218. <https://doi.org/10.1080/10665684.2021.2000158>
- Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2020). Marco Europeo de Competencia Digital Docente «DigCompEdu» y traducción al contexto español. EDUTEC. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (74), 1-15. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1740>
- CAST. (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. CAST. <http://udlguidelines.cast.org>
- Castellanos, R., Morocho, N., Morocho, L., & Heras, W. (2021). Análisis de las estrategias y recursos didácticos en la Educación General Básica bajo los principios del Diseño Universal del Aprendizaje. EDUTEC. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (78), 231-245. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.78.2079>
- Echeita, G. (2021). *Educación inclusiva. El sueño de una noche de verano*. Octaedro.
- García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., & Seoane-Pardo, A. M. (2021). Estrategias de transformación digital en educación: Inclusión y accesibilidad. *Education in the Knowledge Society*, 22, e23509. <https://doi.org/10.14201/eks.23509>

- López, T., & Mendoza, F. (2024). El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como marco para las adaptaciones curriculares en los estudiantes con necesidades educativas especiales. *Journal Scientific MQR*, 8(2), 901-917. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.901-917>
- Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal Design for Learning: Theory and Practice*. CAST Professional Publishing.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2021). Informe de gestión e inclusión educativa 2021. *MinEduc*. <https://educacion.gob.ec>
- Mitchell, D., & Rienties, B. (2020). Technology-enhanced learning for inclusive classrooms: Evidence from global studies. *Computers & Education*, 157, 103963. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103963>
- Montoya-Naguas, T. M., Fierro-Ríos, M. C., Ayala-Arias, M. C., Lema-Cordonez, P. C., & Pillapaxi-Taípe, M. P. (2024). El Diseño Universal de Aprendizaje (DUA), un modelo para la inclusión educativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10904-10918. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13231
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232.
- Rao, K., Ok, M. W., & Bryant, B. R. (2014). A review of research on universal design educational models. *Remedial and Special Education*, 35(3), 153–166. <https://doi.org/10.1177/0741932513518980>
- Sánchez-Fuentes, S., Santos-Rosa, F., & Marcos, A. (2016). Diseño Universal para el Aprendizaje: Un modelo teórico-práctico para una educación inclusiva de calidad. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 10(1), 135-154.
- UNESCO. (2020). *Informe de Seguimiento de la Educación en el Mundo 2020: Inclusión y educación: Todos y todas sin excepción*. UNESCO.

Enfoque STEAM de los juegos recreativos tradicionales y su impacto en estudiantes de Básica Superior

STEAM Approach to Traditional Recreational Games and its Impact on Upper Basic Education Students

Adrián Esteban Pazan Vásquez¹ <https://orcid.org/0009-0007-4010-5383>

¹*Centro educativo La Moderna, Guayaquil, Ecuador*
a.pazan@lamoderna.edu.ec



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

Enviado: 2026/04/14

Aceptado: 2026/04/22

Publicado: 2026/06/15

Resumen

Este artículo permite demostrar una propuesta que fusiona los juegos recreativos tradicionales con el enfoque STEAM, su metodología activa (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). La finalidad es resignificar estos juegos como contextos interdisciplinarios en pro del desarrollo del pensamiento crítico y de los contenidos a estudiantes de Educación Básica Superior. Bajo una metodología cualitativa con soporte analítico-digital, se implementó una guía de seis fases que abarca las experiencias lúdicas, las consultas científicas, el diseño y prototipado, la medición matemática, así como la expresión artística y la reflexión social y actitudinal. A través de esta secuencia, los juegos tradicionales fueron resignificados y reconvertidos en proyectos STEAM para que logren transformarse en acciones conjuntas entre diversas áreas. Para la evaluación del proceso se utilizaron rúbricas específicas, bitácoras de campo y las producciones del alumnado para ajustar modificaciones en la participación, la creatividad y el dominio de los conocimientos. Los resultados evidencian que estos juegos, al incluir las vivencias STEAM, promueven un aprendizaje significativo, despiertan curiosidad, favorecen el vínculo entre los saberes escolares y la cultura. En conclusión, la propuesta se consolida como un recurso pedagógico y cultural importante en un enfoque multidisciplinar y que se convierte en argumentos trascendentales para el área escolar.

Palabras clave: Enfoque STEAM, juegos tradicionales, interdisciplinariedad, educación básica superior, pensamiento crítico.

Sumario: Introducción, Marco teórico, Desarrollo de la Propuesta Educativa, Esquema metodológico, Resultados, Dimensiones del impacto pedagógico, Discusión y Conclusiones.

Como citar: Pazan, A. (2026). Enfoque STEAM de los juegos recreativos tradicionales y su impacto en estudiantes de Básica Superior. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 161-172.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1459>

Abstract

This article presents a proposal that integrates traditional recreational games with the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) through an active methodology. The purpose is to reframe these games as interdisciplinary contexts that foster critical thinking and meaningful content learning among Upper Basic Education students. Using a qualitative methodology supported by analytical and digital resources, a six-phase guide was developed and implemented that encompassed playful experiences, scientific inquiry, design and prototyping, mathematical measurement, artistic expression, and social and attitudinal reflection. Through this sequence, traditional games were reinterpreted and transformed into STEAM projects, promoting connections among different subject areas. To evaluate the process, specific rubrics, field logs, and student work were used to assess and adjust levels of participation, creativity, and knowledge mastery. The results show that when traditional games incorporate STEAM experiences, they promote meaningful learning, stimulate curiosity, and strengthen the link between school knowledge and culture. In conclusion, the proposal stands as an important pedagogical and cultural resource within a multidisciplinary framework, offering a meaningful foundation for educational practice.

Keywords: STEAM approach, traditional games, interdisciplinarity, upper basic education, critical thinking.

Introducción

La juventud, hoy en día, está sufriendo una transformación drástica de los modelos relacionales. El proceso de socialización y evolución determina una degradación de los juegos tradicionales que son aislados por el empuje de las videoconsolas y de los sistemas de animación digitales. Esta situación limita no solo las oportunidades de jugar y disfrutar de los entornos naturales, conclusiones de la etapa evolutiva correspondiente a la pubertad, sino que además produce una disminución de las interacciones sociales y físicas, y la pérdida del patrimonio cultural.

En las diversas regiones territoriales de Ecuador, el apoyo familiar y social ha permitido que los juegos tradicionales se constituyan en los principales medios de divertirse, socializar y aprender de manera informal. Juegos como el yo-yo, el trompo, las canicas, las carreras de sacos y la rayuela se identifican, entre otros, por su simplicidad, el empleo de materiales ordinarios y aplicables en espacios libres de las comunidades. Su valor pedagógico resulta indiscutible, puesto que colaboran al desarrollo motor, cognitivo y emocional, y de pertenencia en la comunidad educativa.

Esta idea se organiza con los estándares de calidad del Ministerio de Educación del Ecuador (2016), que promueve un programa académico curricular basado en el desarrollo de destrezas y en métricas de desempeño, articulando las habilidades y destrezas con la identidad cultural del educando.

Mientras que las corrientes pedagógicas en América y Europa suelen centralizar en la tecnología formativa y kits comerciales costosos, la realidad del contexto educativo nacional específicamente en un ente educativo fiscal en Guayaquil exige medidas creativas e inclusivas, en este escenario la interdisciplinariedad STEAM adquiere un significado profundo y es significativa cuando se ubica en la cultura local, aceptando que explore el valor etnográfico de su propio entorno (Rojas, 2022).

A partir de la problemática expuesta y la necesidad de integrar saberes ancestrales con metodologías contemporáneas, se plantea lo siguiente: ¿De qué manera la vinculación de los juegos recreativos tradicionales con la tecnología, bajo un enfoque STEAM, influye en el desarrollo de competencias educativas en estudiantes de Básica Superior?

Objetivo del enfoque general del estudio

Evaluar el impacto de una propuesta pedagógica interdisciplinaria basada en el enfoque STEAM y los juegos recreativos tradicionales como una actividad sólida e interdisciplinaria que mejora la construcción interactiva entre la anticipación, el andamiaje y la diferenciación facilita la reevaluación didáctica.

Objetivos Específicos

- Diseñar un instrumento metodológico donde se articulen los juegos tradicionales con las dimensiones de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas.
- Construir e implementar laboratorios asequibles con la ayuda de la app Phyphox para la captura y análisis de datos físicos en tiempo real, en juegos como la carrera de sacos y el trompo.
- Analizar las percepciones respecto a la "ansiedad matemática" y su sentido de identificación educativa.
- Caracterizar de forma comparativa las dinámicas de apropiación técnica, los niveles de autonomía y los procesos de andamiaje entre los niveles escolares de 8.º y 9.º año de Básica Superior.

Marco teórico

El Enfoque STEAM y la interdisciplinariedad

El modelo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) se define no solamente como la reunión de métodos, sino como un esquema formativo que hace emerger el pensamiento crítico mediante fases de ingeniería. Para Yakman (2008), este modelo incluye las propias artes como un componente de la creatividad en temas técnicos. En este trabajo, el modelo STEAM hace de eje transversal que cambia una actividad lúdica en un laboratorio de comprobación científica y permite conectar con el estudiante en la función de prototipar, medir y analizar variables físicas.

Etno-física y el juego tradicional como estrategia pedagógica

La investigación se afirma en la etno-física, concepto que se entiende como un método que corresponde a un diseño de investigación experimental de fenómenos naturales, que pueden ser apreciados en prácticas culturales y saberes ancestrales, de tal manera que los juegos tradicionales se convierten en entidades eficaces de enseñanza.

Constructivismo Social y aprendizaje significativo

Esta propuesta establece vías de conocimiento con las bases del aprendizaje situado al que se refiere Vygotsky (1979) quien señala que el proceso de aprendizaje está mediado por la capacidad de colaborar y participar con el medio educativo y los referentes interpersonales. Los aprendizajes significativos (Ausubel, 1976) se dan utilizando estas habilidades, aprovechando sus conocimientos previos y una conexión emocional con el objeto de estudio. La confianza actúa como un "ancla cognitiva" que permite "atrapar", asimilar conceptos científicos de abstracción compleja a niveles de estructura cultural del educando.

En este sentido, la propuesta se alinea con los postulados de Dewey (2004), quien defiende que el aprendizaje genuino nace de la experiencia directa y de la interacción activa del estudiante con su entorno real.

Evaluación formativa y retroalimentación (feed-forward)

Con el propósito de determinar la impresión de la propuesta, se asume una evaluación formativa que según Brookhart (2013), es el proceso docente que busca que la evaluación no limite el aprendizaje, sino que sea su primordial gestor. En el contexto de esta valoración se recurre a las rúbricas y al análisis de datos (por medio de Phyphox) de manera que el estudiante obtenga una retroalimentación inmediata acerca del proceso técnico suscitando la autorregulación adecuada.

Utilidad adicional del estudio: Innovación low-cost y formalización

Este artículo aporta un valor diferenciador mediante la innovación de bajo costo utilizando varios tipos de componentes de ensamble o de prototipo.

El valor agregado se establece en los siguientes parámetros:

- *Accesibilidad*: El adecuado sensor inercial de teléfonos inteligentes personales transformados en "laboratorios de bolsillo".
- *Formalización científica*: La transición desde la elemental recreación hasta la captura de datos a alta frecuencia (100 Hz), permitiendo una reacción precisa de los principios físicos de juegos locales que otras ilustraciones solamente abordan de forma lúdica.

Desarrollo de la Propuesta Educativa

La Transposición didáctica: Del juego tradicional al estudio científico

Esta propuesta no se concibe solo desde la práctica de lo lúdico, sino que estimula una transposición didáctica al presentarse como un fenómeno físico registrable, aquella resignificación del juego permite desarrollar proyectos, donde el fallo no es un veredicto, sino un valor que requiere un cambio necesario que incorporar al procedimiento de perfeccionamiento técnico.

El pensamiento crítico y creativo (Marco OECD 2019)

De acuerdo con los lineamientos de la OECD (2019), el desarrollo pedagógico también estimula un pensamiento inquisitivo y da comienzo al proceso creativo de generar ideas, comprobarlas a partir de datos objetivos y así perfeccionarlas, dotándose, por lo tanto, de una capacidad cognitiva crítica más allá del aula.

Formulación de la propuesta STEAM

Para validar la propuesta, se optó la “carrera de sacos” como eje integrador. En la dimensión Ciencia, la actividad estuvo orientada y sujeta a las siguientes condiciones: la estabilidad, la fricción y el ritmo de movimientos que dependerán del material del saco empleado (arpillera, plástico o tela). En Tecnología e Ingeniería, los estudiantes diseñaron prototipos que se ajustaban a su propia realidad, junto a la instrumentación digital (sensores inerciales y sistemas Arduino) para la captación de tiempos. En Matemáticas, se automatizaron medias aritméticas y velocidades, mientras que en Artes los implementos fueron adornados a partir de representaciones pictóricas del cultural local.

Esquema metodológico

Diseño y enfoque

El presente estudio se adscribe a una metodología cualitativa-interpretativa, a partir de la complejidad del acontecimiento lúdico o fenómeno científico y del análisis cinemático digital. A pesar de que la investigación no persigue la generalización de los hallazgos bajo la forma de una aproximación experimental ni una generalidad estadística, la investigación considera apropiado recurrir en ocasiones a la captura de datos físicos cuantitativos (la fuerza de impacto o la velocidad angular, por ejemplo) de alta precisión, y que no serán utilizados únicamente por su fin de elaboración predictiva, sino que se presentan como mediadores semióticos y como instrumentos de transposición didáctica. Lo que se pretende es la objetivación de los fenómenos físicos de los juegos para poder, desde la óptica de un enfoque cualitativo, analizar cómo esta mediación en los entornos, en los que se juega, puede llegar a beneficiar la autoeficacia percibida por los participantes, ayudar a reducir la ansiedad matemática o resignificar el patrimonio cultural de los sujetos.

Antecedentes y colaboradores

El estudio se realizó en un centro educativo de Guayaquil, Ecuador en el que participó un grupo de 30 estudiantes de 8.º y 9.º de año Básica. Se sumó la intervención de un docente para coordinar la convergencia entre las asignaturas científicas y Cultura Física.

Especificaciones técnicas

Para avalar la veracidad de los datos cinemáticos reportados en este estudio, se establecieron protocolos estrictos al configurar y calibrar los instrumentos digitales. La aplicación Phyphox se estableció para registrar 100 Hz, una tasa de muestreo crítica para capturar los rápidos cambios de aceleración vertical en las fases principales del recorrido del saco (inicio-fin). Sin tal frecuencia, la fuerza de impacto pico podría ser atenuada por distorsión de señal, lo que conduciría a una pérdida de precisión o incluso omisión de detalle al calcular la segunda ley de Newton. Este procedimiento permite la implementación del "laboratorio móvil" sugerido por Hochberg et al. (2018). El estudio puede ser replicado en cualquier entorno escolar, incluso sin acceso a equipos estándar.

La calibración de los sensores inerciales (acelerómetro y giroscopio) se efectuó aplicando un reposo estático de 10 segundos antes de cada intervención lúdica, lo que aseguró que el 'offset' o ruido de fondo del sensor no interfiriera con los vectores de movimiento real.

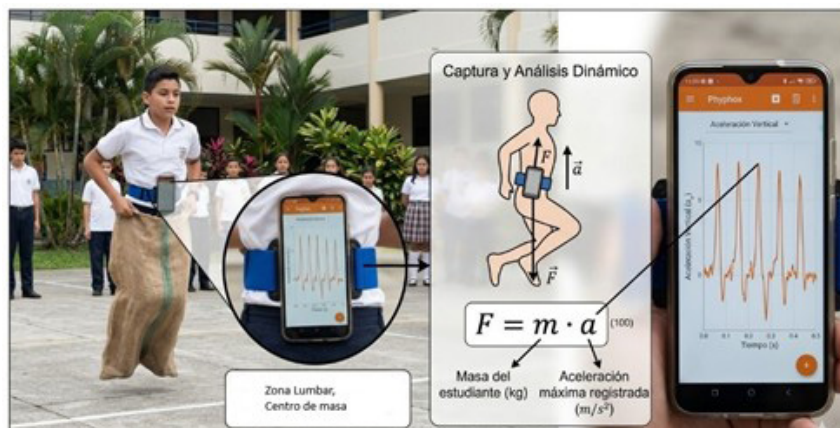
Instrumentación digital y tecnología low-cost

Análisis dinámico en saltos

En el juego de la "carrera de sacos", el dispositivo se estableció en la zona lumbar (centro de masa) del estudiante. Como se observa en la Figura 1, esto permitió registrar los picos de aceleración vertical (a_y). Aplicando la Segunda Ley de Newton ($F = m * a$), los estudiantes calcularon el impacto de sus movimientos.

Figura 1

Captura y análisis dinámico mediante sensores inerciales en el juego de la carrera de sacos.



Nota: Representación conceptual del registro de datos dinámicos en entornos escolares. La imagen base fue generada mediante inteligencia artificial, y editada por el autor, para incluir el panel visual de la app Phyphox y las variables físicas. Las abreviaturas corresponden a F (Fuerza de impacto), m (Masa del estudiante), a (Aceleración máxima registrada) e y (Eje vertical de movimiento).

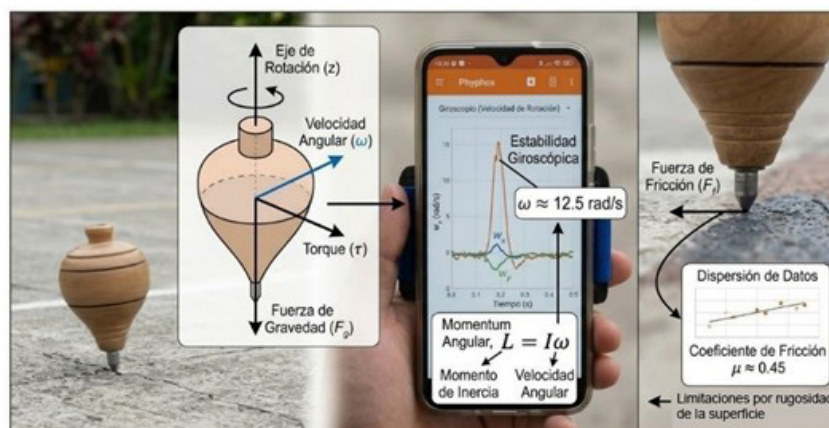
Específica: Los puntos más altos de la gráfica representan la aceleración máxima registrada en cada salto del estudiante.

Análisis cinemático y rotacional

En el juego del "trompo", se utilizó el giroscopio para evaluar la velocidad angular (ω) y el momento angular ($L = I\omega$). La Figura 2 ilustra cómo los datos obtenidos permiten analizar la estabilidad giroscópica y la influencia del coeficiente de fricción (μ) sobre la calzada.

Figura 2

Análisis de estabilidad giroscópica, momento angular y fricción en el juego del trompo.



Nota: General: Esquema de las variables cinemáticas y dinámicas que actúan sobre un trompo. La imagen base fue generada mediante inteligencia artificial, y editada por el autor, para ilustrar los vectores de fuerza y estabilidad giroscópica. Las abreviaturas son: ω (Velocidad angular), L (Momento angular), I (Momento de inercia), τ (Torque), μ (Coeficiente de fricción) y F_g (Fuerza gravitacional).

Específica: El gráfico de dispersión inferior derecho es una representación didáctica de la correlación entre la textura de la superficie y la estabilidad.

Para la ejecución de esta propuesta pedagógica, se diseñó una matriz de intervención que articula los juegos tradicionales con las dimensiones del modelo STEAM. La estructura detallada de este proceso, que considera las actividades por fase, las disciplinas involucradas y las evidencias de aprendizaje esperadas, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1
Esquema de la propuesta didáctica STEAM basada en juegos tradicionales

Fase del Proyecto STEAM	Descripción de la actividad	Disciplinas STEAM integradas	Producto / Evidencia de aprendizaje
Exploración y juego tradicional	Los estudiantes practican el juego tradicional en su forma original, aplicando reglas de manera colectiva.	Ciencia, Educación Física, Ciencias Sociales	Registro de observaciones participantes y tiempos iniciales de ejecución en diarios de campo.
Formulación de preguntas	Se plantean preguntas orientadoras de investigación (velocidad, equilibrio, estabilidad o fricción).	Ciencia, Matemáticas, Tecnología	Bitácora con preguntas de investigación y registro de discusión grupal.
Diseño y prototipado	Los estudiantes diseñan y construyen innovaciones con materiales reciclados y dispositivos (sensores, Arduino).	Ingeniería, Tecnología	Prototipos funcionales, esquemas técnicos y aplicación de rúbrica STEAM.
Medición y análisis de datos	Se registran variables físicas a través de la app Phyphox; los datos se exportan y organizan en tablas y gráficos.	Matemáticas, Ciencia	Gráficos cinemáticos, archivos CSV y cálculos estadísticos/físicos (Segunda Ley de Newton).
Expresión artística y comunicación	Elaboración de productos finales que integran la iconografía de la cultura local y los aprendizajes científicos.	Arte, Comunicación	Productos audiovisuales, carteles informativos y exposiciones académicas.
Reflexión social y actitudinal	Análisis del trabajo colaborativo, la inclusión y la resignificación cultural del juego ancestral.	Formación ciudadana, Arte	Entrevistas de autoevaluación, reflexiones escritas y análisis de la ansiedad matemática.

Instrumentos y guías de observación.

Según la recolección de datos multidimensional coordinado por el docente técnico, tenemos las siguientes guías de observación:

- *La rúbrica STEAM*: Diseñada para valorar 5 dimensiones: Indagación científica, uso de la tecnología (Phyphox), resolución de problemas de Ingeniería, creatividad artística y razonamiento matemático, aplicando fases de prototipado y verificación para valorar el rendimiento técnico.
- *Las bitácoras y el diario de campo*: Documentos idóneos para recoger sucesos críticos, la cooperación del alumnado y el progreso de la "ansiedad matemática".
- *Entrevistas semiestructuradas*: Se aplicaron al finalizar el proceso (fase de reflexión) con objeto de analizar a través de las percepciones de los estudiantes, cómo entienden su identidad cultural y cómo se autoevalúan como científicos, lo cual permite valorar la pertinencia pedagógica de la propuesta a través de las experiencias percibidas por los propios actores.
- *Fichas de registro descriptivo (producciones estudiantiles)*: Estas fichas permitieron analizar cualitativamente las diferencias en la progresión técnica, el grado de autonomía y las necesidades de mediación pedagógica entre los estudiantes de 8.º y 9.º año.

Tabla 2
Resumen de la instrumentación y protocolo de datos

Herramienta / Instrumento	Dimensión evaluada	Momento de aplicación	Finalidad y responsable
Rúbrica de Competencias STEAM	Indagación científica, uso de tecnología (Phyphox), ingeniería, arte y matemáticas.	Fases de diseño, prototipado y medición física.	Valorar el desempeño técnico y la resolución de problemas. Responsable: Docente del área técnica.
Bitácoras y Diarios de Campo	Participación, incidentes críticos y evolución de la ansiedad matemática.	Transversal (durante todas las fases del proyecto).	Capturar la progresión actitudinal, la autoeficacia y el comportamiento social. Responsable: Docente investigador.
Entrevistas Semiestructuradas	Percepciones de identidad cultural y autoevaluación como científicos.	Fase final (etapa de reflexión y cierre del proyecto).	Analizar la revalorización del patrimonio local y el impacto emocional del enfoque. Responsable: Investigador.
Fichas de Registro Descriptivo	Análisis de datos crudos (CSV), esquemas técnicos y rigor en cálculos físicos.	Fases de experimentación física y análisis de datos.	Comprender las variaciones en la apropiación del dominio técnico, los niveles de autonomía. Responsable: Estudiantes / Docente técnico.

Implicaciones éticas de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación, se implementó un protocolo riguroso alineado con los principios éticos internacionales para proyectos con participantes escolares. En primera instancia, se gestionó y obtuvo la autorización institucional de la directiva del centro educativo fiscal de Guayaquil. Posteriormente, mediante una sesión informativa, se presentó el proyecto a los tutores legales, de quienes se recabó el debido consentimiento informado por escrito, autorizando que puedan participar en las actividades recreativas-digitales estrictamente académicas. Asimismo, se consideró el asentimiento informado de todos los actores del proceso, garantizando su derecho a negarse o retirarse del estudio en cualquier etapa del proceso sin repercusión alguna.

Las bitácoras de campo, las fichas de registro en formato CSV así como las transcripciones de las entrevistas fueron codificadas mediante códigos alfanuméricos (ej. E8-01, E9-02) que imposibilitaron el establecimiento de un vínculo con la identidad de cada uno de ellos. Por último, desde la vertiente socio-educativa, el diseño metodológico mantuvo la protección integral y la salvaguarda del valor patrimonial de los juegos locales.

Resultados

Análisis comparativo por niveles

Estudiantes de 8.º año

Manifestaron una mayor inclinación hacia las fases de exploración lúdica y expresión artística, basado en la resignificación cultural. En el ámbito técnico, requirieron un mayor andamiaje docente para vincular la sensación física del salto con la interpretación de datos en Phyphox.

Estudiantes de 9.º año

Exhibieron una competencia técnica más sólida durante la medición y la interpretación de los resultados. Este grupo logró con mayor autonomía la transposición de los picos de aceleración vertical, orientados al cálculo de la fuerza de impacto $F = (m * a)$. En la fase técnica, presentaron mejoras aerodinámicas basadas en los resultados previos de las pruebas de fricción.

Dimensiones del impacto pedagógico

Evidencia científica y tecnológica

La utilización de dispositivos móviles permitió una transposición didáctica efectiva, transformando conceptos abstractos en datos empíricos mediante:

- *Captura de aceleración:* La colocación del dispositivo en el centro de masa demostró variables gravitatorias en cada salto.
- *Cálculo de fuerza:* La segunda ley de Newton facilitó la comparación de la eficiencia biomecánica entre participantes.
- *Estudio de fricción:* El análisis del coeficiente ($\mu = F / N$) permitió establecer nexos causales entre el material del saco y la velocidad alcanzada.

Análisis de las percepciones estudiantes y hallazgos cualitativos

Tras el análisis cuantitativo realizado por los sensores, el enfoque cualitativo de este estudio permitió que los participantes lideren su aprendizaje. El análisis de los registros de campo y las entrevistas semiestructuradas revelaron un cambio de paradigma en la percepción entre un estudiante de 9.º año, la tecnología y la cultura. Después de examinar su propio gráfico de velocidad angular, comentó: "Siempre creí que el trompo era simplemente un juguete de madera usado por mi abuelo, pero ahora entiendo cómo un juguete tradicional obedece las leyes de la inercia; ver las cifras en mi teléfono me hizo sentir como si yo también pudiera ser científico".

En el 8.º año, el impacto se centró en la revalorización estética y patrimonial. Una estudiante destacó en su diario de campo: "Decorar mi saco con patrones de la cultura Valdivia me permitió explicarles a mis compañeros que nuestra historia no está muerta, sino que se mueve con nosotros en cada salto". Estos hallazgos cualitativos señalan que la integración STEAM logra lo que Ausubel (1976) denomina un anclaje emocional, donde el aprendizaje significativo no solo ocurre en el plano cognoscitivo, sino que se fortalece con la identidad cultural.

El análisis cualitativo permitió identificar una reducción de la ansiedad matemática en 26 de los 30 participantes que conformaron la muestra. Es importante precisar que esta cifra no busca una generalización estadística, sino que representa la frecuencia de aparición de la categoría 'autoeficacia percibida' entre los participantes. Esta recurrencia fue sistematizada tras la triangulación de las entrevistas semiestructuradas con las bitácoras de campo del docente, donde se evidenció un cambio sustancial frente a los conceptos físicos una vez vinculados a la práctica lúdica.

Discusión

El método STEAM, articulado con los juegos tradicionales en la Educación Básica Superior, demuestra que es plenamente válido aproximar las ciencias exactas y la tecnología a la realidad estudiantil. Esto no solo desarrolla la motivación y el compromiso, sino que también se convierte en un refuerzo de la autoeficacia percibida.

Integración tecnológica y democratización del conocimiento

La implementación exitosa de esta metodología confirma que el uso de tecnología móvil actúa como una herramienta de democratización científica. Este fenómeno se alinea con la

guía técnica de Morales-Bernad (2022), quien destaca que la instrumentación de bajo costo democratiza la tecnología.

De la misma forma, el uso de smartphones como laboratorios portátiles redujo significativamente la grieta entre la teoría y la práctica empírica. Esta transposición didáctica se alinea con lo expuesto por López y Heredia (2019), quienes certifican que el aprendizaje activo, mediado por dispositivos digitales, potencia la comprensión de fenómenos físicos en entornos no controlados, como el patio escolar.

En concordancia con Hochberg et al. (2018), Arribas et al. (2020) y Sans et al. (2017), esta portabilidad tecnológica rompe los muros de la escuela, permitiendo que aprender ciencias experimentales se convierta en una actividad dinámica, empírica y accesible para todos los estratos, además de advertir que el uso de tecnología ayudó a eliminar el temor hacia las ciencias exactas.

Identidad cultural como anclaje del aprendizaje significativo

Un hallazgo destacado, fue que la conjunción de iconografía precolombina y saberes ancestrales no se constituyó meramente como un añadido estético, sino que constituyó un ejercicio identidad local. Como bien sugiere Torres, (2021); este andamiaje se ve fortalecido cuando la innovación en tecnología se ancla a las raíces culturales del educando ecuatoriano.

En el estudio, el interés de los educandos se amplificó en medida que, al ver sus saberes populares, como validados desde el currículo científico formal. Desde la perspectiva de García-Vera (2021) el juego tradicional, debe ser reconocido como raíz ancestral en la escuela.

La estrategia innovadora según el marco OECD

Cuando se estudia la aplicación de este modelo STEAM a partir de la lúdica tradicional se puede generar un claro nexo con el pensamiento creativo como define la OECD (2019). Cabe subrayar que, para la organización internacional, la creatividad no es solo una actividad estética o artística, sino que es una habilidad cognitiva que resulta fundamental para producir, evaluar y determinar ideas útiles en el día a día. En este sentido, los procesos de rediseño técnico y reforzamiento estructural de los objetos lúdicos, dejan entrever la activación de un pensamiento divergente, materializado en la llegada de múltiples alternativas generadas por los estudiantes a partir de los materiales reciclados que los rodean. Al mismo tiempo se presenta, la necesidad de alcanzar soluciones viables a partir del análisis de los datos objetivos que muestra a la aplicación móvil como una actividad de pensamiento convergente. Esta oscilación y complementación de ambas formas de razonar estructura el ciclo del diseño correspondiente a la ingeniería, haciendo emerger el pensamiento crítico que se encuentra en el marco internacional (OECD, 2019).

El equilibrio entre lo mecánico y lo emocional

La capacidad de los estudiantes para discutir conceptos físicos con fluidez derivó de una experiencia personal previa. El conocimiento no solo fue procesado mentalmente, sino vivido a través del movimiento. Este equilibrio entre lo mecánico y lo emocional, como proyectan Hochberg et al. (2018), convierte el espacio de aprendizaje en un espacio útil donde las habilidades técnicas y las habilidades blandas (colaboración y empatía) avanzan de forma paralela, logrando una fusión entre lo tradicional y lo tecnológico.

Al contrastar las dinámicas de apropiación tecnológica entre los niveles de 8.º y 9.º año de Básica Superior, se hace evidente la necesidad de implementar una guía de andamiaje diferenciado y progresivo en la enseñanza de la física a través del enfoque STEAM. La observación de que los estudiantes de 8.º año priorizaron la dimensión estética y patrimonial, requiriendo una guía docente más intensiva para la interpretación de vectores cinemáticos, corrobora las advertencias de Vygotsky (1979) sobre la zona de desarrollo próximo. El cuerpo del alumno actúa como un puente perceptivo, pero la transición del movimiento kinestésico a la abstracción de una gráfica de aceleración vertical (ay) demanda mediadores semióticos claros.

Por el contrario, la facultad exhibida por el grupo de 9.º año al calcular de forma directa la fuerza de impacto mediante la Segunda Ley de Newton ($F = m \cdot a$) demuestra que la familiaridad previa con variables matemáticas actúa como un facilitador técnico. Este hallazgo sugiere que los proyectos interprofesionales basados en etno-física no deben aplicarse uniformemente; por el contrario, deben estructurarse en fases que escalen desde la sensibilización cultural y el diseño divergente con materiales reciclados hasta la formalización rigurosa de datos crudos exportados en formatos avanzados como CSV.

Limitaciones y prospectivas de la investigación

A pesar de los logros, es imperativo reconocer las limitaciones inherentes a este estudio de caso. En primer lugar, el tamaño de la muestra ($n=30$) en una sola unidad educativa de Guayaquil delimita la difusión de los resultados a escala nacional y brecha tecnológica relativa al hardware de los dispositivos móviles; no todos los teléfonos inteligentes de gama baja poseen giroscopios integrados, lo que en ciertos casos limitó la captura de datos de rotación en el juego del trompo a solo una parte del alumnado.

Conclusiones

Este trabajo aporta consideración y respeto a todos los juegos tradicionales, que no son meras actividades nostálgicas del pasado y son considerados como materiales de actividades de anticipación pedagógicos de gran importancia para consolidar los mecanismos de engranaje educativo sólido y constructivo. La inserción de los juegos tradicionales con el enfoque de la metodología activa o aprendizaje situado es un modo que contribuye a generar aprendizajes de calidad y potenciar el contenido científico.

A través de la implementación realizada, se derivan las siguientes conclusiones generales:

- *Validación del aprendizaje significativo y etno-física:* Se ratifica la vigencia de la teoría de Ausubel (1976) al evidenciar que el estudiante logra anclar conceptos científicos complejos —como el torque, la aceleración vertical y la dinámica de fuerzas— en estructuras cognitivas preexistentes derivadas de su propia identidad lúdica. Esta transposición didáctica valida científicamente el saber popular y reduce la brecha entre la teoría abstracta y la realidad empírica del entorno escolar.
- *Democratización de la ciencia mediante tecnología low-cost:* El uso de sensores inerciales y aplicaciones como Phyphox transforma el teléfono móvil en un "laboratorio de bolsillo" de alta precisión. El desarrollo del pensamiento crítico y creativo, alineado con el marco de la OECD (2019), quedó sistematizado a través de las rúbricas de competencias STEAM. La evidencia empírica reside en el proceso de ensayo y error observado durante el diseño de ingeniería, donde los estudiantes de 9.º año demostraron autonomía para evaluar, ajustar y perfeccionar sus prototipos basándose en los datos objetivos (frecuencia de 100 Hz) obtenidos con la aplicación Phyphox.
- *Eficacia de la Evaluación Formativa:* Se concluye que el enfoque STEAM contribuyó a la disminución de la ansiedad matemática entre los participantes, donde los estudiantes pasaron de una actitud de reto técnico a una de autoeficacia al asociar conceptos físicos con actividades lúdicas familiares, la sinergia entre costumbre e innovación tecnológica promueve una educación más justa y contextualizada.
- *Sostenibilidad curricular y prospectiva institucional:* La resignificación de los juegos recreativos tradicionales bajo la metodología de Aprendizaje basado en proyectos (ABP) ofrece una ruta altamente viable para dar cumplimiento dinámico a los estándares curriculares del Ministerio de Educación del Ecuador. Esta sinergia interdisciplinaria dota a la institución de un modelo didáctico sostenible hacia las áreas relacionadas a las Ciencias Exactas, Educación Física y Expresión Artística. Para garantizar la trascendencia de estos hallazgos frente a las limitaciones de

muestreo detectadas, se plantea como línea futura de investigación el co-diseño de guías didácticas que prevean alternativas tecnológicas para dispositivos sin sensores inerciales integrados, asegurando así la replicabilidad universal del proyecto en cualquier centro educativo del país.

Reconocimientos y Declaraciones

Este estudio no recibió ni recogió fondos específicos de instituciones educativas, comerciales o entidades sin fines de lucro.

El autor declara que, en la elaboración del presente artículo, se han utilizado herramientas de Inteligencia Artificial (Perplexity AI y Google AI Studio) exclusivamente para la estructuración de citas bibliográficas, la revisión ortotipográfica, la corrección de estilo y la adaptación del documento a los estándares de formato académico y de plantilla de la revista. Las bases visuales de las figuras técnicas también fueron generadas mediante IA y posteriormente editadas y validadas técnicamente por el autor.

Referencias

- Arribas, E., Nájera, A., Beléndez, A., & Augusto, S. (2020). *Smartphone: un laboratorio de física en tu bolsillo*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Ausubel, D. P. (1976). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.
- Dewey, J. (2004). *Experiencia y educación* (J. Luzuriaga, Trad.). Biblioteca Nueva. (Original publicado en 1938).
- García-Vera, A. B. (2021). El juego tradicional como patrimonio cultural inmaterial en la escuela. *Revista de Educación y Cultura*, 15(2), 45-60.
- Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using Smartphones as Mobile Labs: Extraordinary Opportunities for Science Education. *The Physics Teacher*, 56(2), 84-87. <https://doi.org/10.1119/1.5021434>.
- López, M., & Heredia, Y. (2019). Uso de dispositivos móviles para la enseñanza de las ciencias: Una perspectiva desde el aprendizaje activo. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(2), 143-162. <https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23253>.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de Educación General Básica*. <https://educacion.gob.ec>.
- Morales-Bernad, J. (2022). *Física con sensores: Guía práctica para experimentos con Phyphox y Arduino*. Ediciones Científicas.
- OECD. (2019). *PISA 2021 Creative Thinking Framework: Third Draft*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>.
- Rojas Miranda, P. (2022). *Aprendizaje interdisciplinario y enfoque STEAM en contextos escolares*. Editorial Universitaria Andina.
- Sans, J. A., Manjón, F. J., Cuenca-Gotor, V. P., Giménez-Morgado, J. G., & Monsoriu, J. J. (2017). Smartphone: un laboratorio de bolsillo para el aprendizaje de la física. *Revista Española de Física*, 31(2), 37-41.
- Torres, R. (2021). Gamificación y juegos ancestrales: Estrategias para el aprendizaje significativo en entornos digitales. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 20(1), 89-105.
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Grijalbo.
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education. *Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference*, 335-358.

La robótica y ChatGPT: aplicación educativa

Robotics and ChatGPT: Educational Application

Jorge Gudiño-Lau¹ <https://orcid.org/0000-0002-0585-908X>, Kevin Andrade-Gudiño¹ <https://orcid.org/0000-0003-4257-5788>, Saida Charre-Ibarra¹ <https://orcid.org/0000-0002-3823-5388>, Miguel Durán-Fonseca¹ <https://orcid.org/0000-0002-0780-6192>, Janeth Alcalá-Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-0238-3952>

¹Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica, Colima, México

jglau@ucol.mx, mandrade16@ucol.mx, scharre@ucol.mx,
mduran@ucol.mx, janethalcala@ucol.mx



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

Enviado: 2025/10/03

Aceptado: 2026/02/19

Publicado: 2026/06/15

Resumen

En los últimos años, la incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) particularmente mediante el uso de modelos de lenguaje a gran escala (*en inglés Large Language Models, LLMs*), como ChatGPT, ha permitido crear nuevas estrategias de interacción natural entre humanos y robots, transformando la manera en que se controlan, programan y manipulan. Este trabajo implementa una interfaz hombre-robot desarrollado en el programa Python, que permite la comunicación a través de instrucciones o consultas expresadas en lenguaje natural a través del usuario. El ChatGPT de OpenAI se empleó como mediador inteligente para traducir el lenguaje natural del humano a instrucciones de control que son enviadas al sistema robótico. Además, la propuesta integró un sistema de visión inteligente y análisis de datos para el reconocimiento de colores y figuras geométricas, aumentando las aplicaciones del manipulador. La validación experimental se realizó con un robot manipulador educativo DOFBOT de Yahboom, plataforma accesible para realizar experimentos académicos y de investigación. Este trabajo contribuye al área de Mecatrónica con la combinación de la IA y la robótica y motiva el interés de los estudiantes e investigadores a las nuevas tecnologías emergentes y de vanguardia.

Palabras clave: Robot manipulador, inteligencia artificial generativa, ChatGPT, Modelos de lenguaje a gran escala, visión artificial.

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

Como citar: Gudiño-Lau, J., Andrade-Gudiño, K., Charre-Ibarra, S., Durán-Fonseca, M., Alcalá-Rodríguez, J. (2026). La robótica y ChatGPT: aplicación educativa. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 173-188. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1393>

Abstract

In recent years, the incorporation of Artificial Intelligence (AI), particularly through Large Language Models (LLMs) such as ChatGPT, has enabled the development of new strategies for natural interaction between humans and robots, transforming how robots are controlled, programmed, and manipulated. This work implements a human-robot interface in Python that enables communication via natural-language instructions or queries expressed by the user. OpenAI's ChatGPT was used as an intelligent mediator to translate human natural language into control instructions sent to the robotic system. In addition, the proposal integrated an intelligent vision and data analysis system for the recognition of colour and geometric shapes, expanding the applications of the manipulator. Experimental validation was carried out using a Yahboom DOFBOT educational manipulator robot, an accessible platform for academic and research experiments. This work contributes to the field of Mechatronics by combining AI and robotics and motivates students and researchers towards new emerging, cutting-edge technologies.

Keywords: Manipulator robot, generative artificial intelligence, ChatGPT, large language models, computer vision.

Introducción

Actualmente, la Inteligencia Artificial (IA) está incursionando de manera significativa en el ámbito de la robótica, a través de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) con la incorporación de Modelos de Lenguaje a Gran Escala (LLM, por el acrónimo en inglés *Large Language Models*). ChatGPT es una avanzada herramienta de IAG basada en LLM, con capacidad para comprender, procesar y adquirir el lenguaje natural de manera adecuada (Su & Sheng, 2024).

La robótica, como una rama de la Mecatrónica, se ha consolidado como una herramienta fundamental para el desarrollo de competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), que permite a los estudiantes integrar conocimientos teórico-prácticos de programación, control y diseño de sistemas mecatrónicos. Los avances en IA, en particular los LLM, han transformado la forma de interactuar entre los humanos y los robots, gestando nuevas áreas de oportunidad en los sectores productivos, sociales y educativos. Diversos estudios analizan los beneficios y riesgos de la IAG como ChatGPT, el impacto en la creatividad humana y la autenticidad de la información (Barandiaran & Pérez, 2025).

Una nueva clasificación de la robótica educativa es por su tipo de aplicación en la IAG. La primera, la IAG Robótica Pedagógica, se refiere a los LLM que funcionan como tutores virtuales que permiten definir conceptos de robótica, mecatrónica, resolver modelos cinemáticos, dinámicos, responder a dudas en tiempo real, diseñar evaluaciones y prácticas de laboratorio. Esto posibilita que el aprendizaje sea significativo y autónomo, así los alumnos aprenden a su ritmo de trabajo. Se han desarrollado estudios que analizan la aceptación y percepción de ChatGPT entre estudiantes y docentes universitarios de ingeniería, valorándolo como un recurso educativo, en términos de su utilidad, facilidad de uso y aplicación ética (Dempere, 2023; Looi & Jia, 2025; Segarra et al., 2024; Wake, et al., 2023).

La IAG Robótica Programador es la segunda aplicación y se refiere al desarrollo y generación código de programación en distintos lenguajes (Python, MATLAB, C++, ROS), lo que facilita el aprendizaje significativo de la cinemática, dinámica y control de robots, ya que permite desarrollar programas sin ser experto en programación, lo que facilita un mejor entendimiento de los estudiantes. La implementación de ChatGPT también favorece notablemente el aprendizaje

de los estudiantes universitarios en la enseñanza de la programación; asimismo, contribuye a un aumento en la motivación y confianza en el desarrollo de los programas. Sin embargo, hay que tener especial atención al aspecto ético para reforzar la honestidad académica y prevenir el plagio, fomentando así el aprendizaje responsable (Hagendorf, 2024; Jin, et al., 2024; Looi & Jia, 2025; Terán, 2023; Wake, et al., 2023).

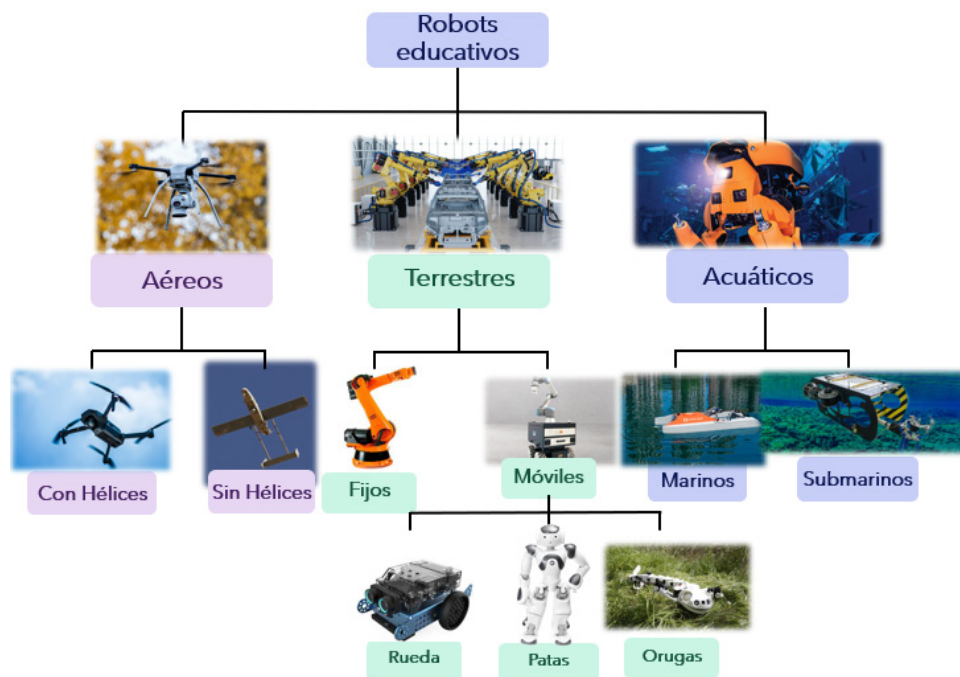
La tercera aplicación es la IAG Robótica Virtual que se refiere al desarrollo de códigos de programas didácticos virtuales donde crean simuladores de robot manipuladores, lo que garantiza que los estudiantes puedan experimentar y aprender con prototipos virtuales antes de trabajar con robots físicos. Varios trabajos se centran en robots de cadena abierta donde se modelan la cinemática directa e inversa empleando *software* como Python, Matlab, entre otros (Al-Akwa, 2025; Balerao, 2023; Ipiates, 2023; Jin, et al., 2024; Vemprala, 2024; Wake, et al., 2023).

Por último, se aborda la IAG Robótica en interfaz natural hombre-robot. Esta es importante, ya que se desarrollan algoritmos de programación capaces de traducir comandos (en lenguaje natural) a instrucciones que puede ejecutar el robot manipulador real, esto facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje de la educación superior en el área de la robótica (Al-Akwa, 2025; Belkina, et al., 2025; Qu, et al., 2024; Vemprala, 2024; Wang, et al., 2023). En otras palabras, la IAG faculta al usuario manipular los robots sin necesidad de tener conocimientos previos de la robótica (Agbo, et al., 2025; Jin, et al., 2024; Tao, et al., 2025).

En este artículo se presenta una sistematización de dichas aplicaciones, destacando el potencial de la IAG como herramienta disruptiva para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en la robótica y mecatrónica. Sin embargo, es muy importante resaltar que el proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes con la IAG debe ser utilizada con limitaciones; además, se deben conocer los riesgos de la IA aplicada a la robótica, sensibilizando la importancia de la ética en el desarrollo tecnológico (Bahroun, et al., 2023; Tao, et al., 2025; Yigci, et al., 2023).

Figura 1

Sistema de locomoción de los robots educativos. Fuente: (Gudiño-Lau et al., 2023)

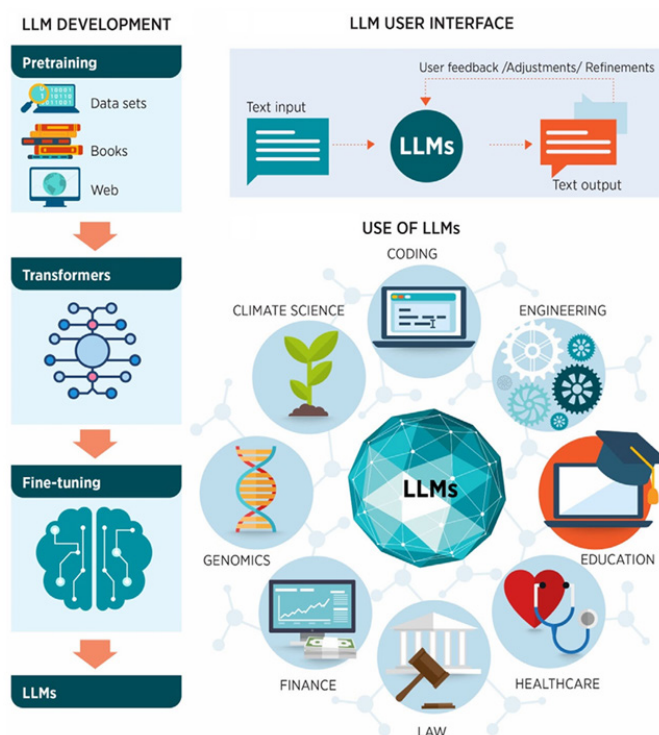


Los robots educativos son diseñados a escala de los robots industriales y se clasifican principalmente en terrestres, acuáticos y aéreos, considerando su sistema de locomoción, es decir, la forma en que se desplazan en su entorno para trasladarse de un punto a otro (véase Figura 1). La robótica educativa es una herramienta pedagógica que impulsa el desarrollo de la creatividad, las competencias técnicas, las destrezas prácticas y las habilidades para la resolución de problemas. A través de su uso, los estudiantes se enfrentan a situaciones análogas a las del mundo real, lo que permite formular y aplicar estrategias tecnológicas innovadoras. Los robots aéreos, como los drones o vehículos aéreos no tripulados, están diseñados para desplazarse por el aire. Por su parte, los robots terrestres utilizan superficies sólidas, regulares o irregulares, como medio de desplazamiento. Finalmente, los robots acuáticos se desarrollan para operar en entornos marinos, fluviales o lacustres, adaptándose a las condiciones propias de dichos ambientes. En el presente trabajo se utiliza un robot manipulador de tipo terrestre y de base fija (Gudiño-Lau et al., 2023).

Yigci, et al. (2023) hacen un estudio de la IA y su aplicación en la robótica, además, proponen una clasificación por disciplinas y describen el desarrollo y funcionamiento de la interfaz de la LLM, como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Clasificación de la LLM por tipo de disciplina. Fuente: (Yigci, et al., 2023)



Los trabajos relacionados con este artículo son diversos; por ejemplo, el de Driess et al. (2023), quienes utilizan un robot educativo, tanto virtual como real, en el que emplean un modelo de lenguaje al que se le incorpora información multimodal, como imágenes y texto. Para su aplicación utilizan un modelo de lenguaje de gran escala (LLM) preentrenado, así también, un robot asistente de física es diseñado en 2024 por Latif, para apoyar a estudiantes en los experimentos de laboratorio de física (Latif et al., 2024). En 2025, Pinto et al. (2025) presentan un enfoque centrado en el usuario para integrar un LLM en un robot humanoide, diseñado para entablar conversaciones fluidas y contextualizadas con adultos mayores socialmente aislados. Otro estudio es el realizado en Ye et al., 2023, donde se describe la importancia de ChatGPT

para interpretar los matices del lenguaje humano y responder con precisión favoreciendo una interacción humano-robot más natural e intuitiva. Derivado de los avances de los modelos de lenguaje a gran escala (LLM) en la robótica, en este estudio se propone una plataforma experimental interactiva basada en un robot manipulador educativo DOFBOT, con visión artificial. La plataforma aplica ChatGPT para la detección de colores y figuras geométricas, mediante una interfaz hombre-robot basada en lenguaje natural.

Estas investigaciones aportan a este artículo que describe el impacto que tiene la IA en el desarrollo de la robótica. El sistema experimental propuesto permite validar la aplicación de modelos LLM con manipuladores, facilitando la enseñanza-aprendizaje de la robótica y la IA mediante el ensayo con sistemas interactivos, con fines educativos y de investigación. El sistema robótico está diseñado con el propósito de que estudiantes de nivel básico, medio superior y superior puedan relacionarse de manera sencilla con el equipo experimental, promoviendo su interés y motivación en el campo de la robótica y la IAG.

Este artículo está distribuido en varias secciones. La primera es la introducción donde se inicia con una descripción breve de antecedentes relevantes acerca de la inclusión de la IAG en el ámbito educativo y sus aplicaciones en diversas áreas, especialmente, en la robótica. La descripción del equipo experimental utilizado para la validación de las pruebas físicas se menciona en la sección sistema experimental. En el apartado de materiales y métodos se describen los materiales empleados, así como la metodología de investigación cuantitativa-experimental de manera breve; por otra parte, en la sección de resultados y discusión se detalla la validación experimental con cuatro ejemplos realizados por estudiantes del nivel medio superior y superior, y se hace una breve discusión de los resultados. Finalmente, se describen las conclusiones del trabajo.

Sistema Experimental

El sistema experimental está formado por un brazo robótico manipulador educativo, una tarjeta controladora Jetson Nano, una computadora portátil y el uso de software como ChatGPT, OpenAI y Python (Yahboom, 2025). Estos componentes forman una plataforma experimental orientada al control local y remoto de un robot manipulador mediante tecnologías de IAG. El sistema está diseñado y creado con la finalidad de utilizarse para la enseñanza, la investigación y el desarrollo de proyectos en el ámbito STEM.

Figura 3

Robot DOFBOT Yahboom. Fuente: (<https://www.nvidia.com/es-la/>, 2025)



La plataforma experimental tiene la capacidad de dirigir al robot utilizando aplicaciones de IA con controladores clásicos. En este trabajo se emplea el robot manipulador DOFBOT de la empresa Yahboom (Yahboom, 2025), con cinco grados de libertad y seis servomotores, como se muestra en la Figura 3.

El robot incorpora una tarjeta controladora Jetson Nano de 4 GB (Nvidia, 2025), emula una minicomputadora diseñada para soportar programas orientados al desarrollo de aplicaciones de IA y programación en Python (ver Figura 4).

Figura 4

Tarjeta controladora Jetson Nano de 4 GB. Fuente: (<https://yahboom.com/2025>)



En la Figura 5 se presenta el modelo de servomotor digital utilizado con sus respectivas conexiones en serie y la integración en la estructura del robot. Los servomotores tienen una tarjeta de control de motores y sensores de posición angular (Yahboom, 2025).

Figura 5

Servomotor tipo serie. Fuente: (<https://yahboom.com/2025>)



Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló bajo un enfoque experimental con la finalidad de validar la integración de LLM, como ChatGPT, en la interacción hombre-IA-robot. El diseño del sistema experimental tiene una plataforma de control de robots manipuladores que permite al usuario comunicarse mediante instrucciones en lenguaje natural que fueron traducidas en tiempo real a comandos ejecutables por un robot manipulador educativo.

Materiales

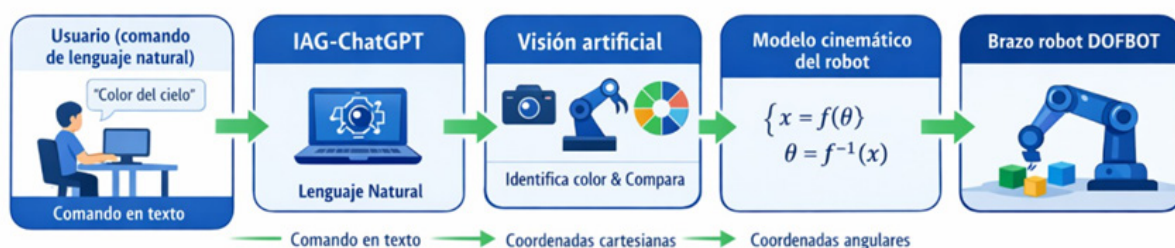
Para el desarrollo e implementación del sistema robótico se emplearon los siguientes recursos: un robot manipulador educativo de cinco grados de libertad, una tarjeta controladora Jetson Nano de 4 GB y una computadora portátil para la gestión de procesos y apoyo en la programación (Nvidia, 2025). En cuanto al entorno de *software*, se utilizó Python como lenguaje de programación de código abierto, complementado con una membresía API de OpenAI para el acceso a LLM. Finalmente, se incorporó un módulo de visión artificial para la detección y reconocimiento de colores y formas.

Metodología

El enfoque de la investigación cuantitativa tiene como característica medir fenómenos, utilizar procesos probatorios, secuenciales y analizar los resultados; las bondades son la generación de resultados y la experimentación es definida como un estudio de caso (Hernández, et al., 2022). A partir de esta definición, este artículo empleó un enfoque cuantitativo-experimental, pues se obtuvieron datos medibles del robot como ángulos de las articulaciones del robot, un modelo cinemático directo para obtener posición cartesiana y un sistema para identificar colores. Asimismo, se complementó con una revisión bibliográfica reciente sobre la aplicación de la IAG en robótica, lo que permitió un sustento teórico de la propuesta.

Sobre la base de los fundamentos teóricos expuestos en la sección introducción, en este apartado se describe el sistema experimental que se utilizó a través de una arquitectura abierta, potenciada por modelos de lenguaje a gran escala (LLM). Dicha configuración ofreció a los estudiantes la posibilidad de experimentar de manera directa cómo el lenguaje natural se transforma en movimientos robóticos, fortaleciendo su comprensión tanto de los principios matemáticos como de su aplicación práctica. Asimismo, el uso de LLM como interfaz natural contribuyó a reducir la complejidad en la programación tradicional, promoviendo un acceso más intuitivo a la robótica. Con el apoyo de un diagrama de bloques se muestra el trabajo completo de este artículo. Como se observa en la Figura 6 es el control de un brazo robot manipulador basado en IAG y visión artificial.

Figura 6
Diagrama de bloque de sistema completo



Resultados y Discusión

Resultados

Los resultados experimentales obtenidos en esta investigación evidencian la integración de ChatGPT, la visión artificial y el robot manipulador DOFBOT en un entorno experimental diseñado para la interacción hombre-IA-robot. En este mismo sentido, se presentan las principales aportaciones relacionadas con la comunicación entre el usuario, el modelo de lenguaje natural, la Jetson Nano y el manipulador, resaltando la manera en que las tecnologías interactúan entre sí para la ejecución de tareas robóticas. Asimismo, se incluye una breve descripción de los elementos empleados en la experimentación, con el propósito de contextualizar los resultados alcanzados.

IAG

ChatGPT, creado por OpenAI, es una de las tecnologías emergentes de mayor crecimiento dentro del campo de la IAG. Esta herramienta tiene algoritmos cada vez más sofisticados para el razonamiento automático, el análisis de imágenes y la generación de texto en lenguaje natural. Las LLM son capaces de comprender y producir respuestas coherentes en un amplio rango de aplicaciones educativas, científicas e industriales (Open AI, 2025).

La Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, por sus siglas en inglés *Application Programming Interface*) de OpenAI es un recurso para la interacción entre los usuarios y el modelo. A través de esta es posible transmitir respuestas hacia un usuario, lo que permite la entrega de resultados parciales en tiempo real. Para facilitar la integración, OpenAI provee bibliotecas oficiales en Python, que ofrecen funciones auxiliares destinadas a optimizar el procesamiento de eventos (OpenAI, 2025). La transmisión es compatible tanto con la API de finalización de chat como con la API de asistentes, siendo el objetivo de esta investigación la primera de ellas.

La Figura 7 presenta un ejemplo de código implementado para realizar una consulta al modelo ChatGPT-4o-mini. El código configuró los parámetros iniciales e incluyó un mensaje de bienvenida que habilitó el inicio del diálogo con el modelo de procesamiento de lenguaje natural. Es indispensable la configuración de la clave de acceso SDK proporcionada por OpenAI al cliente (OpenAI, 2025). Dado que esta clave se encuentra vinculada directamente a la cuenta del usuario, debe considerarse como un dato privado y sensible. Su divulgación permite que terceros realicen consultas en la plataforma utilizando la identidad del usuario, por lo que se deben aplicar medidas estrictas de seguridad y confidencialidad.

Figura 7

Ejemplo de consulta en Python. Fuente: (<https://openai.com/2025>)

```
from openai import OpenAI
client = OpenAI(
    # Defaults to os.environ.get("OPENAI_API_KEY")
)

chat_completion = client.chat.completions.create(
    model="gpt-4o-mini",
    messages=[{"role": "user", "content": "Hello world"}]
)
```

Validación experimental

En esta sección se presentan los resultados derivados de los experimentos orientados a validar la integración de ChatGPT con los procesos de visión por computadora y el control robótico. Para esta validación, se empleó un brazo manipulador DOFBOT controlado mediante una Jetson Nano, con el propósito de evaluar el desempeño del sistema en tareas de interacción hombre-IA-robot.

Los experimentos tuvieron como propósito validar la capacidad de la IAG y del sistema propuesto para identificar de manera correcta los colores dentro de un mapa cromático predefinido, indicando al brazo robótico la ubicación del color. Este procedimiento evidenció la integración de la IAG, la visión artificial y el control del robot en un entorno de interacción sencilla y natural. La implementación de scripts en Python posibilitó la comunicación en tiempo

real entre la placa de desarrollo Jetson Nano de NVIDIA (Nvidia, 2025), ChatGPT (OpenAI, 2025) y el manipulador DOFBOT (Yahboom, 2025); es decir, las órdenes expresadas en lenguaje natural por el usuario se tradujeron en acciones naturales de manipulación robótica.

Además, el algoritmo del modelo cinemático implementado en el ordenador del usuario aseguró la posición final en los desplazamientos del brazo manipulador, al convertir la localización del color de la imagen en ángulos articulares que el robot pudo interpretar y realizar.

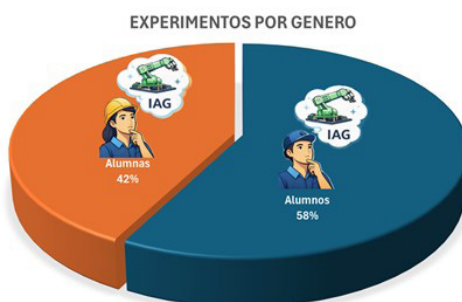
Se ejecutaron diversos experimentos con el propósito de demostrar que la integración de LLM a través de ChatGPT contribuyó de manera significativa al área de la robótica. Se realizaron un total de 26 experimentos a estudiantes de educación media superior de la Universidad de Colima, México. La Figura 8 muestra que en el 92.31% (24 pruebas) de los ensayos realizados el robot llegó a la respuesta correcta y sólo el 7.69% (2 pruebas) no lo logró. Estas incidencias se atribuyeron a ambigüedades en la sintaxis del *prompt* y a condiciones de iluminación deficientes que afectaron el sistema de visión del robot.

Figura 8
Tasa de éxito de los experimentos con IAG



La distribución por género fue otra de las métricas analizadas. Como se muestra en la Figura 9, de los 26 experimentos realizados, el 42% equivale a 11 alumnas quienes hicieron las pruebas, mientras que el 58% corresponde a 15 alumnos. Se observó que tanto hombres como mujeres estaban participando activamente en el manejo de la tecnología y la IAG.

Figura 9
Resultado por género en los experimentos con IAG



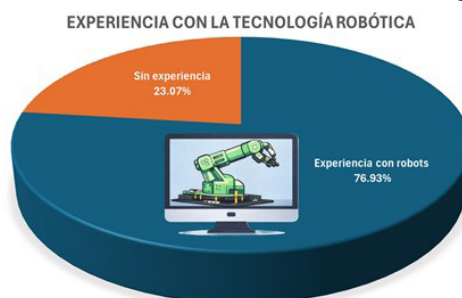
Respecto al nivel de experiencia previa con herramientas de IAG, la Figura 10 evidencia que el 19.23%, equivalente a 5 de los participantes, manifestó conocimiento limitado en el uso de ChatGPT y la ingeniería de *prompts*. En contraste, el 80.77% (21 participantes) mencionó tener un nivel avanzado en el manejo de dichas interfaces. De estos resultados, se puede concluir que la interfaz hombre-máquina es útil, permitiendo que el usuario pueda realizar las tareas robóticas sin tener un grado de experiencia previa.

Figura 10
Experiencia de los usuarios en el manejo de IAG



Otra métrica importante fue conocer el manejo de la tecnología robótica con IAG. Los datos indican que el 76.93% de los 19 participantes tenían nociones previas sobre el impacto de la IAG en sistemas robóticos; además, había interactuado con tecnologías similares, y solo el 23.07%, equivalente a 7 estudiantes, no habían tenido la oportunidad de trabajar con tecnología y con IAG (Véase Figura 11). Los resultados de este trabajo son alentadores, ya que motiva al estudiantado seguir investigando sobre la aplicación de la IAG en la tecnología robótica.

Figura 11
Experiencia de los estudiantes con la tecnología robótica



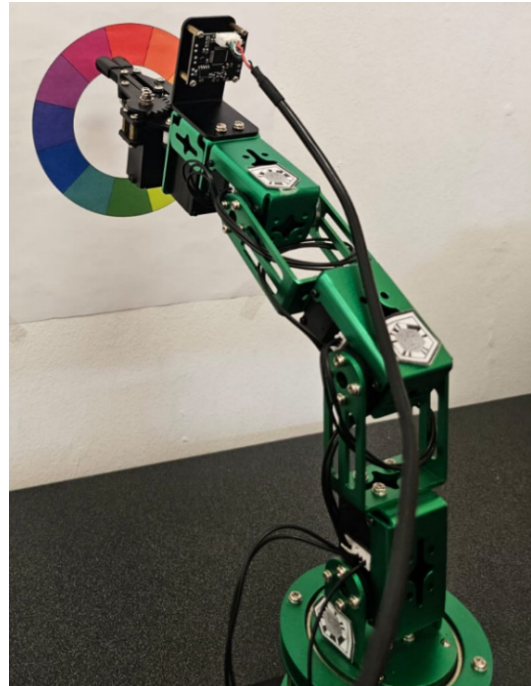
La validación experimental se estructuró en 26 pruebas; sin embargo, en este documento solo se muestran cuatro experimentos representativos, diferenciados por cuadrantes del plano cartesiano y por colores. Las pruebas consistieron en la formulación de consultas en lenguaje natural dirigidas a ChatGPT para identificar la localización de colores específicos dentro de un mapa de referencia. A partir del procesamiento del prompt, el sistema determinó las coordenadas espaciales, las cuales fueron enviadas al brazo manipulador DOFBOT. El robot ejecutó la tarea mediante el modelo de cinemática inversa previamente programado. Los experimentos se aplicaron a estudiantes de nivel medio superior, quienes interactuaron con ChatGPT mediante diferentes consultas. Las respuestas generadas fueron correctas y se enviaron al robot para su ejecución.

Experimento 1. Localización del color violeta

El primer experimento consistió en elaborar un *prompt* explícito y detallado, en el que el usuario solicitaba de manera natural la localización del color violeta, especificando la forma en que se debía estructurar la respuesta para que pueda ser interpretada por el robot. La Figura 12 muestra este primer *prompt* de interacción, donde el modelo de lenguaje procesaba la instrucción, identificaba correctamente la posición del color en el cuadrante superior izquierdo y lo asignaba como uno. Con esta información, el brazo robótico DOFBOT ejecutó el movimiento correspondiente, desplazándose con precisión hacia el cuadrante y señalando el color violeta. De esta manera, se validó la eficiencia del sistema en la interpretación de órdenes expresadas en lenguaje natural y su traducción a acciones robóticas.

Figura 12*Experimento localizador del color violeta con el robot manipulador*

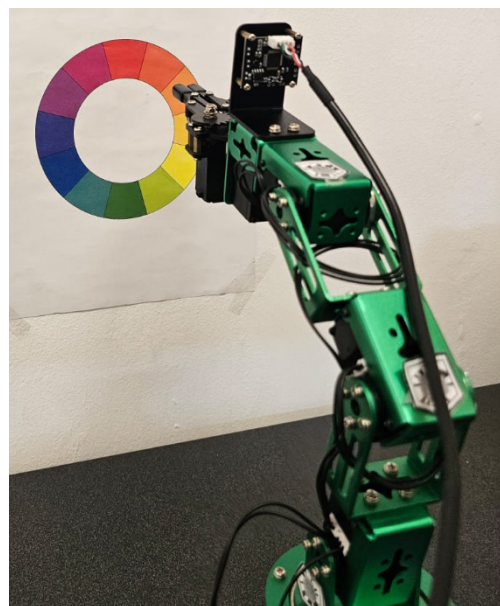
	Imagen recibida y guardada como 'Image_received.jpg'
	Esperando el mensaje:
	Necesito que dividas la imagen en 4 cuadrantes, para seleccionar los colores en los cuadrantes del 1 al 4, yo te preguntaré sobre la posición y tú me responderás respecto a su posición en el cuadrante del 1 (superior izquierdo), 2 (superior derecho), 3 (inferior izquierdo) y 4 (inferior derecho), solamente eso, sin punto final ni nada, solo el número, ¿En qué cuadrante se ubica el color violeta?
	1
	Conectando al servidor ahora
	Conectado

**Experimento 2. Localización del color naranja**

Para el segundo experimento, a diferencia del primero, no fue necesario introducir un *prompt* de forma explícita y detallada, debido a que el modelo ya había sido previamente ajustado mediante la interacción inicial. En este caso, el usuario solicitó de manera natural, sencilla y corta la localización del color naranja, empleando una instrucción distinta a la utilizada en el experimento anterior y formulada en forma de pregunta. Como resultado, ChatGPT identificó correctamente el color solicitado. La Figura 13 muestra el *prompt* correspondiente a la interacción en la que el usuario envió la instrucción al LLM para identificar la posición del color. El modelo respondió correctamente, indicando que el color naranja se encontraba en el cuadrante superior derecho, asignado como el segundo cuadrante.

Figura 13*Prompt en forma de pregunta para localizar el color naranja*

	Imagen recibida y guardada como 'Image_received.jpg'
	Esperando el mensaje:
	¿En dónde se encuentra el color que sale de unir el rojo y el amarillo?
	2
	Conectando al servidor ahora
	Conectado

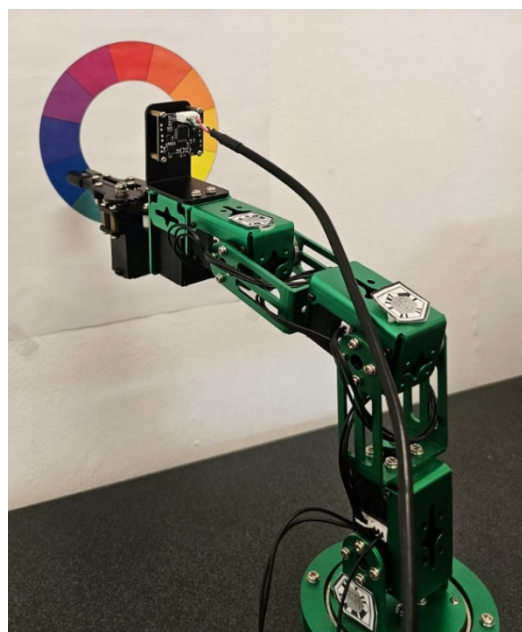
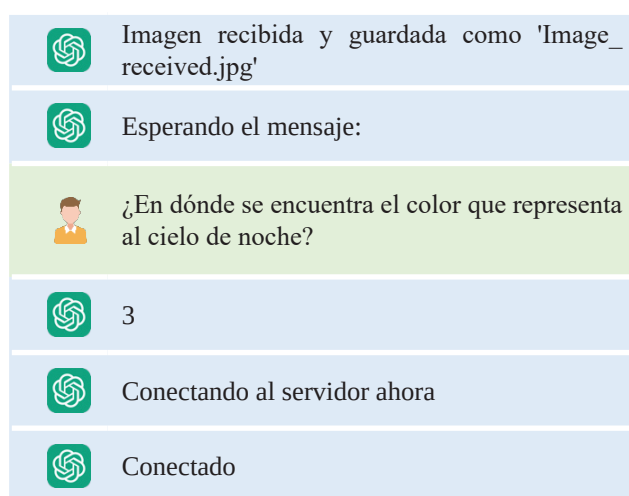


Experimento 3. Localización del color azul

En el tercer experimento, el usuario formuló un *prompt* en forma de pregunta para solicitar la localización del color azul, siguiendo la misma estrategia aplicada en el segundo ensayo. La Figura 14 presenta la interacción con ChatGPT, donde la instrucción fue procesada por el LLM. El sistema interpretó correctamente la consulta y determinó la posición del color en el cuadrante inferior izquierdo, asignado como 3. Con base en esta respuesta, el manipulador robótico ejecutó el movimiento de manera correcta, orientando su efecto final hacia la ubicación señalada. Este experimento validó la capacidad del sistema para interpretar preguntas en lenguaje natural y traducirlas en acciones robóticas. La exactitud de la respuesta confirmó la robustez del modelo en la identificación espacial de colores y de la solicitud del usuario. Asimismo, el resultado ratificó la fiabilidad del proceso de integración entre ChatGPT y el robot manipulador. De este modo, se demostró el buen funcionamiento del enfoque propuesto para mejorar la interacción humano-IA-robot.

Figura 14

Prompt en forma de pregunta para localizar el color azul



Experimento 4. Localización del color amarillo.

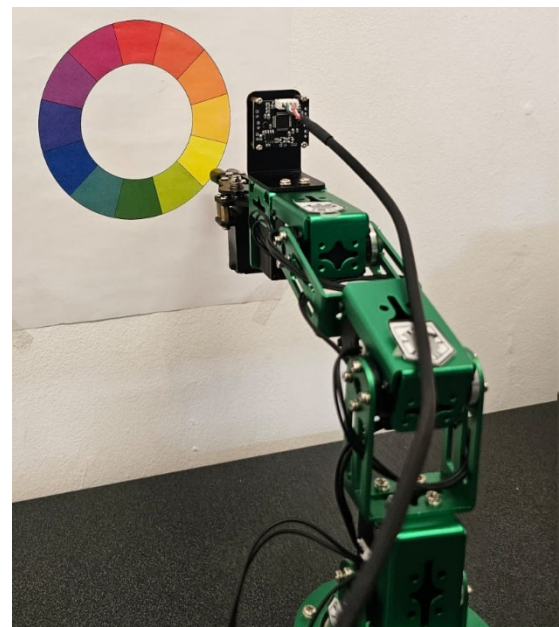
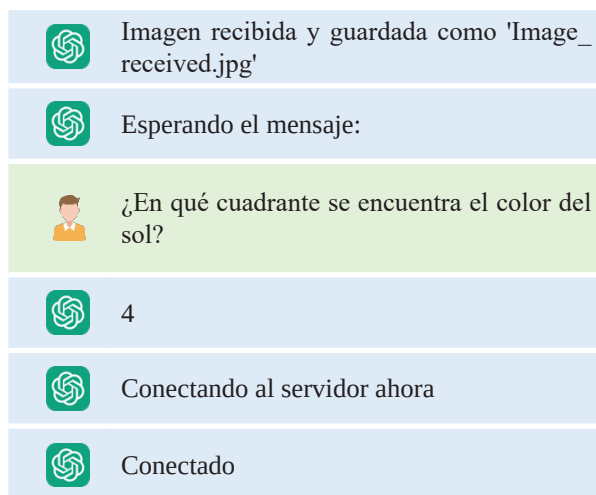
El último experimento evaluó la identificación de la posición del color amarillo. La Figura 15 presenta el *prompt* de la interacción en la que el usuario solicitó al modelo de lenguaje localizar dicha tonalidad. El sistema determinó correctamente que esta se encontraba en el cuadrante superior derecho. Posteriormente, el robot manipulador ejecutó el movimiento y apuntó a la ubicación indicada, validando así la respuesta generada por ChatGPT a la instrucción formulada por los estudiantes en el *prompt*.

Los resultados experimentales demostraron que el sistema propuesto logró una integración de IAG, la visión por computadora y el control del robot para la ejecución de tareas de localización de colores. En los cuatro experimentos mostrados en esta sección, la comunicación entre el usuario, el LLM, la Jetson Nano y el robot DOFBOT se desarrolló de manera precisa, lo que permitió una identificación y localización de los colores solicitados por el usuario. Asimismo, ChatGPT generó respuestas consistentes y exactas, identificando correctamente las ubicaciones de los colores. La Jetson Nano procesó los datos de las imágenes y control del brazo robot con una latencia mínima, mientras que el DOFBOT ejecutó movimientos de manera adecuada, señalando los colores a partir de las instrucciones generadas por la IA.

La interfaz de comunicación implementada en el sistema se caracterizó por ser interactiva y amigable, lo que permitió a los usuarios interactuar sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados en IAG y robótica. Su diseño facilitó la formulación de instrucciones en lenguaje natural y la interpretación de las respuestas generadas por el modelo. Asimismo, la plataforma favoreció la interacción continua entre el usuario y el robot manipulador. Esta característica contribuyó a que los estudiantes se concentren en la comprensión de los conceptos de robótica y no en la complejidad del sistema de control. La accesibilidad promovió un aprendizaje más dinámico y significativo. Además, fomentó la motivación y la participación de los usuarios en los experimentos. La retroalimentación proporcionada por el robot benefició la comprensión del vínculo entre las instrucciones verbales y la acción física. En consecuencia, la interfaz no solo optimizó la experiencia de uso, sino que también fortaleció el proceso de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, su facilidad de adaptación a diferentes contextos la convirtió en un recurso experimental para entornos educativos y de investigación.

Figura 15

Prompt en forma de pregunta para localizar el color amarillo



Discusión de resultados

La integración de LLM con técnicas de visión artificial evidenció la capacidad de interpretar instrucciones expresadas en lenguaje natural y traducirlas en acciones ejecutadas por los robots manipuladores. Los experimentos de localización de colores revelaron que este tipo de sistemas son una herramienta didáctica para la enseñanza de la robótica y la IAG. Su implementación ayudó a que el aprendizaje sea significativo al permitir que los estudiantes de nivel medio, medio superior y superior interactúen directamente con la tecnología. Así también, los resultados obtenidos confirmaron el buen funcionamiento del sistema experimental al incorporar interfaces basadas en lenguaje natural para simplificar la manipulación robótica en entornos educativos. Asimismo, reforzaron el potencial de los LLM como recurso pedagógico innovador. En términos de investigación, este trabajo aportó al análisis de la IAG en la robótica educativa y abrió nuevas posibilidades de exploración hacia la aplicación de estos modelos a los sectores productivos y sociales.

Conclusiones

Se desarrolló un sistema robótico experimental orientado a la integración de ChatGPT en aplicaciones con robots manipuladores de tipo articular. El entorno propuesto incluye el diseño e implementación de una biblioteca API para el control de robots, con el objetivo de fortalecer la enseñanza de la inteligencia artificial y la mecatrónica en programas de formación en ingeniería. El sistema permite a los usuarios generar, ejecutar y validar códigos en Python mediante actividades experimentales, demostrando una alta repetitividad del robot a las tareas asignadas por los usuarios.

Asimismo, se implementó un programa en Python para el control de un robot manipulador educativo de cinco grados de libertad con estructura rotacional, complementado con un sistema de visión artificial. Este sistema incorpora una cámara para la captura en tiempo real de imágenes de un mapa de colores, las cuales son procesadas para su reconocimiento y clasificación, generando coordenadas cartesianas que, mediante un proceso de manipulación matemática, son transformadas al sistema de referencia del robot. Lo anterior permitió a los usuarios realizar experimentos de localización, seguimiento e interacción guiados por información visual. Para validar el desempeño del sistema, se realizaron 26 pruebas descritas en la sección de validación experimental, las cuales demuestran el correcto funcionamiento y operación del entorno robótico desarrollado.

Los resultados experimentales evidencian que el sistema no requiere de competencias previas en IAG o robótica por parte del operador o usuario. La alta usabilidad de la interfaz hombre-máquina desarrollada permite una interacción sencilla, facilitando la ejecución de tareas complejas sin una curva de aprendizaje del tema. Esto permite que el sistema de inteligencia artificial compense la falta de experiencia del operador mediante un diseño centrado en el usuario.

Este trabajo representa una primera aproximación al potencial de la integración de modelos de lenguaje de gran escala (LLM) en robótica, evidenciando la viabilidad de utilizar ChatGPT como apoyo en el desarrollo de algoritmos, en la interacción con el usuario y en la ejecución de tareas de control robótico, abriendo perspectivas para futuras líneas de investigación y aplicaciones educativas y tecnológicas.

Trabajo futuro

Se propone a futuro a avanzar hacia la integración directa de modelos de lenguaje a gran escala con ChatGPT en ambiente de robots manipuladores industriales. Esta línea de investigación permitirá evaluar su aplicabilidad en procesos productivos y educativos de mayor complejidad y extender la investigación. Asimismo, se plantea ampliar las pruebas con diferentes arquitecturas robóticas y entornos de simulación, en lo referente a la visión inteligente, se planea la incorporación de técnicas de visión artificial más avanzadas para el reconocimiento de objetos y escenas. Finalmente, se busca explorar el impacto de estas tecnologías en la formación de competencias digitales y en la innovación dentro de los sectores productivos y sociales.

Reconocimientos y Declaraciones

Este trabajo ha sido autofinanciado por los autores, quienes agradecen a la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Colima por prestar el Laboratorio de Robótica para realizar los experimentos.

La contribución de cada investigador en los puntos desarrollados en esta investigación, son:

- *Jorge Gudiño-Lau*: Contribuyó a la definición de la idea central del proyecto, al diseño de la metodología de investigación, a la revisión del estado del arte y al desarrollo del algoritmo de control. Además, coordinó las actividades realizadas por los integrantes del equipo.
- *Kevin Andrade-Gudiño*: Apoyó en la idea central del proyecto, colaboró en la programación del robot y en la validación de los experimentos realizados. Así también, participó activamente en la investigación y revisión del estado del arte para sustentar el proyecto.
- *Saida Charre-Ibarra*: Colaboró en la programación del robot y en el desarrollo del proyecto. Asimismo, aportó a la redacción y elaboración del documento final.
- *Miguel Durán-Fonseca*: Apoyó en la idea central del proyecto, aportó en la programación del robot y participó activamente en la investigación y en la revisión del estado del arte para sustentar el proyecto.
- *Janet Alcalá-Rodríguez*: Aportó en la programación del robot y en el desarrollo del proyecto. Asimismo, en la redacción y elaboración del documento final.

Los autores declaran haber empleado herramientas de inteligencia artificial como Elicit y Consensus para la búsqueda y recuperación de información de bases de datos que contienen artículos arbitrados e indexados. La autenticidad y validez de las fuentes de información fue verificada de manera independiente por los autores, garantizando así el cumplimiento de los principios éticos y de rigor académico en la elaboración del presente trabajo. Dentro del desarrollo del trabajo se empleó ChatGPT y OpenAI para la validación de los experimentos, ya que fue el objetivo principal del artículo.

Referencias

- Agbo, F., Olivia, C., Oguiibe, G., Sanusi, I. T., & Sani, G. (2025). Computing education using generative artificial intelligence tools: A systematic literature review. *Computers and Education Open*. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100266>
- Al-Akwa, W. & Daba, M. (2025). A GUI-enabled, automated LSTM-based inverse kinematics pipeline for 6-DOF robotic arms using Matlab and CoppeliaSim. *Journal of Mechatronics and Robotics*, 9(1), 13-23. <https://doi.org/10.3844/jmrsp.2025.13.23>
- Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, 15, 12983. <https://doi.org/10.3390/su151712983>
- Balerao, H., Sarella, N., Pathapalli, V., & Pittam, S. (2023). Prediction of inverse kinematics solution of a robotic manipulator using python. *Nano World Journal*. <https://doi.org/10.17756/nwj.2023-s4-037>
- Barandiaran, X., & Pérez-Verdugo, M. (2025). Generative midtended cognition and artificial intelligence: Thinging with thinging things. *Synthese* 205, 137. <https://doi.org/10.1007/s11229-025-04961-4>
- Belkina, M., Scott, D., Sasha, N., Rezwanul, H., Sarah, L., Neal, P., Sarah, G., & Ghulam M. (2025). Implementing generative AI (GenAI) in higher education: A systematic review of case studies. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. Vol. 8. ISSN 2666-920X. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100407>
- Dempere, J., Modugu, K., Hesham, A., & Ramasamy, L. (2023). The impact of ChatGPT on higher education. *Frontiers in Education*, 8, 1206936. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1206936>
- Driess, D., Fei, X., Mehdi, S., Corey, L., Aakanksha, C., Brian, I., Ayzaan, W., Tompson, J., Quan, V., Tianhe, Y., Wenlong, H., Yevgen, C., Pierre, S., Duckworth, D., Sergey, L., Vanhoucke, V., Hausman, K., Toussaint, M., Greff, K., Zeng, A., Mordatch, I., & Florence, P. (2023). PaLM-E: an embodied multimodal language model. In *Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning (ICML)*, Vol. 202. Article 340, 8469–8488
- Gudiño-Lau, J., Durán-Fonseca, M., Charre-Ibarra, S., & Arana-Llanes, J. (2023). Diseño y control de sistemas mecatrónicos. *ECORFAN*. México. <https://doi.org/10.35429/B.2023.8.1.97>

- Hagendorff, T. (2024). Mapping the ethics of generative AI: A comprehensive scoping review. *Minds & Machines*, 34, 39 <https://doi.org/10.1007/s11023-024-09694-w>
- Hernández-Sampieri, & R., Mendoza, T. (2022). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México. McGraw-Hill.
- Ipiales, J., Araque, E., Andaluz, V., & Naranjo, C. (2023). Virtual training system for the teaching-learning process in the area of industrial robotics. *Electronics*, 12, 974. <https://doi.org/10.3390/electronics12040974>
- Jin., Y., et al. (2024). RobotGPT: Robot manipulation learning from ChatGPT. *IEEE Robotics and Automation Letters*. Vol. 9, No. 3, pp. 2543-2550. <https://doi.org/10.1109/LRA.2024.3357432>
- Latif, E., Parasuraman, & R., Zhai, X. (2024). Physics assistant: An LLM-powered interactive learning robot for physics lab investigations. *33rd IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication, USA*. pp. 864-871. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN60168.2024.10731312>
- Looi, C., & Jia, F. (2025). Personalization capabilities of current technology chatbots in a learning environment: An analysis of student-tutor bot interactions. *Education and Information Technologies*, 30, pp 14165–14195. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13369-z>
- Nvidia. (2025). *NVIDIA*. <https://www.nvidia.com/es-la/>
- OpenAI. (2025). *OpenAI*. <https://openai.com/>
- Qu, J., Jarosz, M., & Sniezynski, B. (2024). Robot control platform for multimodal interactions with humans based on ChatGPT. *Applied Sciences*, 14, 8011. <https://doi.org/10.3390/app14178011>
- Pinto-Bernal, M., Biondina, M., & Belpaeme, T. (2025). Designing social robots with LLMs for engaging human interaction. *Applied Sciences*, 15, 6377. <https://doi.org/10.3390/app15116377>
- Segarra, C., Seguer, R., & Fernández, Ó. (2024). ChatGPT como herramienta de apoyo al aprendizaje en la educación superior: una experiencia docente. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 28, 7-44. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.19083>
- Su, Z. & Sheng, W. (2024). ChatAdp: ChatGPT-powered adaptation system for human-robot interaction. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. Yokohama, Japan, pp. 5512-5518. <https://doi.org/10.1109/ICRA57147.2024.10611520>
- Tao, L., Chenhui, C., Huang, R., Towey, D., & Lei, M. (2025). Large language models for automated Web-Form-Test Generation: An Empirical Study. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. <https://doi.org/10.1145/3735553>
- Terán, H. (2023). La implementación de la Inteligencia Artificial en la enseñanza de la programación. Un estudio sobre el uso ético de ChatGPT en el aula. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, ACOF*. <https://doi.org/10.26507/paper.2768>
- Vemprala, S., Bonatti, R., Bucker, A., & Kapoor, A. (2024). ChatGPT for robotics: Design principles and model abilities. *IEEE Access*, 12, 55682–55696. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3387941>
- Wake, N., Kanehira, A., Sasabuchi, K., Takamatsu, J. & Ikeuchi, K. (2023). ChatGPT empowered long-step robot control in various environments: A case application. *IEEE Access*, 11, pp. 95060-95078. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3310935>
- Wang, K., Ramos, J., & Lawrence, R. (2023). *ChatEd: A chatbot leveraging ChatGPT for an enhanced learning experience in higher education*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.00052>
- Yahboom. (2025). *Yahboom*. <https://yahboom.com/>
- Ye, Y., You, H., & Du, J. (2023). Improved trust in human-robot collaboration with ChatGPT. *IEEE Access*, 11, pp. 55748-55754. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3282111>
- Yigci, D., Eryilmaz, M., Yetisen, A.K., Tasoglu, S. & Ozcan, A. (2025). Large language model-based chatbots in higher education. *Advanced Intelligent Systems*. <https://doi.org/10.1002/aisy.202400429>

**Negocios, Economía
y Desarrollo
Sostenible /
Business, Economy
and Sustainable
Development**





“El éxito y la visibilidad que hoy celebra la RTE son el resultado de generaciones de personas que, desde 1976, han entregado su trabajo para crear publicaciones científicas de rigor y con un claro sentido de beneficio humano”.

Paola Leonor Romero Crespo, Ph.D.
Vicerrectora de Docencia
Escuela Superior Politécnica del Litoral



Las cajas de ahorro comunitarias, opción al desarrollo socio-económico sostenible en comunidades indígenas de Loja-Ecuador

Community Savings Banks, an Option for Sustainable Socio-economic Development in Indigenous Communities of Loja, Ecuador

Dunia Maritza Yaguache Maza¹ <https://orcid.org/0000-0002-3058-3775/>, Carlos Nelson Cobos Suarez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7597-9351>, Veronica Cecilia Cabrera Gonzalez¹ <https://orcid.org/0000-0002-5489-3321>, Diego Fernando Pineda Arevalo¹ <https://orcid.org/0000-0002-5937-7203>

¹Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
munia.yaguache@unl.edu.ec, carlos.cobos@unl.edu.ec,
veronica.cabrera@unl.edu.ec, diego.pineda@unl.edu.ec



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

Enviado: 2025/06/05

Aceptado: 2025/09/04

Publicado: 2026/06/15

Resumen

El estudio analiza la incidencia de las cajas de ahorro comunitarias como alternativa al desarrollo socio-económico sostenible, se consideró información de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria – estadísticas. Se aplicaron técnicas cualitativas como reuniones de grupo focal, entrevistas individuales y conversatorios que proporcionaron información de tipo legal, administrativa, contable y de control interno de las cajas de ahorro. Se utilizó un diseño metodológico cualitativo y cuantitativo, con enfoque específico en comunidades indígenas de la provincia de Loja. Los aspectos considerados fueron: la creación, formalización, gestión de recursos administrativos y financieros. Los resultados revelaron que la formalización legal, contable, la implementación de controles administrativos y de control interno sólidos, son fundamentales para su crecimiento; además, se determinó que la mayoría de cajas de ahorro funcionan de manera informal, lo que incrementa el riesgo financiero para los socios. A nivel nacional, en 2021, existieron 17 cajas de ahorro, creciendo a 643 cajas en lo que va del primer cuatrimestre de 2025. De esta manera se evidencia un fortalecimiento del sector financiero popular y solidario a nivel de país, donde las cajas de ahorro desempeñan un papel clave en la inclusión financiera, especialmente en zonas rurales y de bajos ingresos. En conclusión, las

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

Como citar: Yaguache, D., Cobos, C., Cabrera, V. & Pineda, D. (2026). Las cajas de ahorro comunitarias, opción al desarrollo socio-económico sostenible en comunidades indígenas de Loja-Ecuador. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 191-206. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1336>

cajas de ahorro comunitarias cumplen un rol fundamental para fomentar la cultura del ahorro, promover la inclusión y dinamizar la economía local. Por lo tanto, es importante que las cajas se formalicen para que cuenten con gestión administrativa eficiente y que propicien el desarrollo socioeconómico sostenible de las comunidades.

Palabras clave: Inclusión, desarrollo, recursos, control, ahorro.

Abstract

This study analyzes the impact of community savings funds as an alternative for sustainable socio-economic development. Information from the Superintendency of Popular and Solidarity Economy (statistics) was considered. Qualitative techniques such as focus groups, individual interviews, and discussions were applied to gather legal, administrative, accounting, and internal control information about the savings funds. A mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative data, was used, with a specific focus on indigenous communities in the province of Loja. The aspects considered were the creation, formalization, and management of administrative and financial resources. The results revealed that legal and accounting formalization, along with the implementation of sound administrative and internal controls, are fundamental for their growth. Furthermore, it was determined that most savings funds operate informally, which increases the financial risk for their members. At the national level, there were 17 savings and loan cooperatives in 2021, a number that has grown to 643 in the first four months of 2025. This demonstrates a strengthening of the popular and solidarity-based financial sector nationwide, where these cooperatives play a key role in financial inclusion, especially in rural and low-income areas. In conclusion, community savings and loan cooperatives fulfill a fundamental role in fostering a culture of saving, promoting inclusion, and stimulating the local economy. It is important that these cooperatives become formalized so they can have efficient administrative management that promotes the sustainable socio-economic development of their communities.

Keywords: inclusion, development, resources, control, savings.

Introducción

Las Cajas de ahorro Comunitarias en Ecuador representan una alternativa importante para promover el desarrollo socioeconómico sostenible en las comunidades rurales. Estas instituciones, fundamentadas en principios de solidaridad y participación, tienen el potencial de fortalecer la economía local al facilitar el acceso a servicios financieros, promover la cultura del ahorro y fomentar la autonomía económica de sus miembros. Sin embargo, para que estas cajas puedan cumplir eficazmente su función y garantizar su sostenibilidad, es fundamental que cuenten con una estructura legal, administrativa y contable sólida, además controles internos efectivos que aseguren la transparencia y confiabilidad de sus operaciones. Otras investigaciones evidencian la necesidad de fortalecer las capacidades en administración financiera mediante procesos de capacitación continua, estableciendo marcos regulatorios sólidos que contribuyan a garantizar la sostenibilidad, eficiencia y adecuado funcionamiento de estas unidades financieras (Elizalde & Chuquirima, 2025).

La investigación tiene como objetivo analizar la incidencia de las Cajas de ahorro Comunitarias en el desarrollo socioeconómico sostenible en Ecuador, con un enfoque particular en comunidades indígenas, en la provincia de Loja. Para ello, se utilizó información proveniente de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria, extraída de su página web oficial

en el apartado de estadísticas, complementada con técnicas cualitativas como reuniones de grupo focal, entrevistas individuales y conversatorios con miembros de las comunidades. La investigación abarcó periodos 2021 y 2025 y adoptó un diseño metodológico que combina enfoques cualitativos y cuantitativos, permitiendo un análisis integral a nivel nacional, con énfasis en la provincia de Loja y su relación con el desarrollo de estas instituciones.

Los resultados revelan que en 2021 existieron 17 cajas de ahorro, creciendo a 643 cajas en el primer cuatrimestre del año 2025, notándose así un fortalecimiento del sector financiero popular y solidario, donde las cajas de ahorro desempeñaron un papel clave en la inclusión financiera. Además, se evidenció que la formalización de la estructura legal y contable, junto con la implementación de controles administrativos y de control interno sólidos, son elementos clave para la sostenibilidad y crecimiento de las cajas de ahorro comunitarias. Los hallazgos reflejan la necesidad de promover reformas regulatorias participativas e inclusivas, orientadas a la realidad social y económica de las comunidades, que permitan fortalecer su autonomía, mejorar los mecanismos de supervisión y evitar enfoques financieros ajenos a los principios solidarios que caracterizan a estas organizaciones (Luque, 2026).

Metodología

La metodología utilizada en esta investigación combina enfoques cualitativos y cuantitativos, con carácter descriptivo y exploratorio, permitiendo una comprensión integral del papel de las Cajas de ahorro Comunitarias en comunidades indígenas de Loja. Se utilizó un diseño no experimental, transversal y correlacional, lo que permitió analizar la realidad en un momento específico, identificando relaciones entre la formalización, gestión e impacto de estas organizaciones. La muestra se obtuvo mediante muestreo probabilístico estratificado, asegurando representatividad de diferentes comunidades y tamaños de Cajas de ahorro. Para la recolección de información se aplicaron cuestionarios a los socios, entrevistas a gestores y líderes, y revisión de documentos institucionales. El análisis de datos combinó herramientas estadísticas y análisis de contenidos para identificar patrones y categorías clave, tomando información de los años 2021 al 2025. Se garantizó la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes, cumpliendo con los principios éticos de investigación. Esta metodología permitió recoger tanto la percepción de los beneficiarios como información técnica y administrativa de las Cajas de ahorro tanto de los administradores, socios y comunidad. El enfoque integral utilizado facilitó una visión clara de su contribución al desarrollo local, siempre y cuando se fortalezcan sus capacidades y se garantice su sostenibilidad a largo plazo.

Resultados

Un sistema de Economía Solidario y Social en Ecuador se enfoca de manera especial en la equidad, reciprocidad, sostenibilidad y solidaridad de las cajas de ahorro, con el objetivo de contrarrestar las crisis periódicas del mercado y la fomentación de las prácticas inclusivas. Estas representan una forma alternativa de intermediación financiera, basada en la confianza mutua, la responsabilidad compartida y el desarrollo local. En Ecuador, las cajas de ahorro cumplen un rol importante en el ámbito de la economía popular y solidaria (EPS), en virtud que estas unidades financieras son prioridad para los sectores que pertenecen a este ámbito, entre ellas asociaciones, gremios, sindicatos, de manera especial en juntas de usuarios, comunidades y otros sectores vulnerables, donde el acceso a los servicios que ofrece el sistema financiero cooperativista y bancario son limitados, en este contexto, Marcelino et al., (2020) señalan que la demanda de servicios financieros de la población de bajos ingresos no atendida por la banca comercial propicia el surgimiento de entidades al margen de las estructuras formales

del mercado financiero. Por su estructura y representación, las cajas de ahorro a pesar de sus limitaciones tecnológicas y de infraestructura, coexisten con sus integrantes, lo cual facilita una cohesión social expresada en promover y fomentar el ahorro para acceder a los créditos destinados al desarrollo de actividades productivas y de emprendimiento, lo cual contribuye de manera significativa a la generación de nuevos ingresos y con ello un incremento del ahorro, lo cual promueve su propia autonomía económica y fortalece la economía popular y solidaria.

Por su parte Chicaiza et al., (2025) manifiestan que las cajas de ahorro y crédito impulsan la economía local al movilizar recursos comunitarios, generar empleo y fortalecer la producción, promoviendo además la autogestión y el desarrollo social con un enfoque inclusivo que ayuda a reducir la pobreza en zonas rurales y urbanas vulnerables. Además Proaño et al., (2024) y Mazabanda et al., (2024), señalan que las Cajas de ahorro en Ecuador, desde la óptica de la Economía Popular y Solidaria (EPS), brinda a los líderes y dirigentes de diferentes sectores asociativos y comunitarios, una visión del entorno financiero del ahorro y el crédito, lo cual contribuye a establecer metas y objetivos bien definidos.

El fin principal es optimizar la transparencia, eficacia y eficiencia en sus actividades, con el propósito de responder adecuadamente a las demandas y expectativas de la mayoría de sus miembros, en este marco, la EPS se apoya de forma relevante en el sistema financiero para atender de manera rápida y adecuada las necesidades de sus socios, facilitando el acceso al crédito y asegurando la claridad, suficiencia y calidad de la información, además del cumplimiento de sus responsabilidades ante la comunidad.

Según Gonzabay et al. (2024) en el estudio realizado a 8 cajas comunitarias, exponen que inicialmente se pensó que, considerando la edad, nivel educativo y ocupación de los integrantes de las Cajas de ahorro, que los fondos estarían destinados solo al sector agropecuario; los datos obtenidos demuestran que los recursos también se utilizan para actividades comerciales y artesanales, lo cual genera un impacto positivo en el ámbito socioeconómico de las familias. Por su parte Torres et al. (2024), en un estudio realizado indica que utilizaría las cajas de ahorro como medio para obtener microcréditos y financiar sus emprendimientos y admitieron no haber recibido capacitación financiera.

Al respecto, Ilguan y Hernández (2025) exponen que La educación financiera refleja la capacidad, cultura y conocimiento que las personas tienen acerca del manejo de sus finanzas, dado que su nivel de educación les permita planificar el destino de sus recursos, trazarse metas a mediano y largo plazo que les permita garantizar un bienestar financiero, no obstante, investigación realizada sobre América Latina, el 75% de ecuatorianos, peruanos, brasileños y colombianos en promedio, no tienen una meta financiera. La falta de conocimientos financieros genera un blanco fácil para los problemas financieros y los individuos tienden a un consumismo desmedido, no planificar metas financieras, no generar un presupuesto, no recurrir al ahorro formal o incluso no ahorrar para su retiro, trae consigo que las personas no puedan alcanzar un bienestar financiero (Tejeda et al., 2021).

Según Gavilanes et al. (2024) exponen, las finanzas populares cumplen un rol importante en el manejo de la liquidez para hacer frente a necesidades económicas, lo que permite contar con una cultura de ahorros de acuerdo con los ingresos de los socios en condiciones de su entorno asociativo-productivo. En este contexto, en Ecuador las cajas de ahorro, incluidas las comunales, han mostrado un notable incremento en los últimos años. No obstante, aún presentan desafíos relacionados con su regulación y supervisión. Estas unidades financieras, reconocidas por su cercanía con la comunidad y su flexibilidad, han facilitado el ahorro y el acceso al crédito

a sus miembros, considerando que cualquier grupo de personas con un vínculo común puede conformar una caja de ahorro o comunitaria (Gaibor et al., 2023).

A partir de 2022, el número de estas cajas aumentó debido a una disposición de la Junta de Política Financiera que obligó a varias cooperativas del segmento 5 a transformarse en cajas, al no cumplir con el capital mínimo de USD 200.000, dando como resultado que, de las 226 cooperativas existentes de este segmento en el 2019, se hayan reducido a 52 en 2024. Por su parte, la Junta Política y de Regulación Monetaria y Financiera -mediante resolución 675- 2021-F-, exige que las cajas cuenten con una estructura interna, un representante legal, estatutos y mecanismos para resolver conflictos. Sin embargo, en la práctica, no existe un control efectivo sobre su cumplimiento, ya que estas entidades se autorregulan.

Además, se permite la creación de cajas entre personas de un mismo gremio, institución, grupo familiar, vecindario o entre socios de asociaciones distintas a las cooperativas de ahorro y crédito. De igual manera la Ley de Economía Popular y Solidaria establece que la Superintendencia podrá exigir que una caja se transforme en cooperativa si supera ciertos límites de activos, número de socios, operaciones y alcance geográfico. En tanto que las cajas comunales, que están integradas por personas naturales que operan únicamente en sus comunidades, barrios o recintos de origen, y su actividad debe limitarse a su área de influencia sin interferir con otras cajas de objetivos similares.

En la actualidad, la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS), llevará un registro de las cajas de ahorro que están funcionando y se solicitará que su actualización en dicho registro sea anualmente, acorde a la RESOLUCIÓN No. SEPS-IGT-IGS-IGJ-INSESF-INGINT-0690. Se tiene que considerar que “la formalización legal de las cajas de ahorro permite su inclusión en el sistema financiero nacional, garantizando transparencia, sostenibilidad y acceso a servicios financieros por parte de sus socios” (Elizalde & Chuquirima, 2025).

En la actualidad “el marco legal ecuatoriano ha fortalecido la institucionalidad de estas entidades, pero también ha planteado retos de formalización y cumplimiento técnico que muchas cajas pequeñas no están en capacidad de satisfacer sin apoyo estatal o comunitario” (Díaz et al., 2025). Considerando que una caja de ahorro es una organización comunitaria que gestiona recursos financieros mediante aportes periódicos de sus socios. Su propósito es fomentar el ahorro y ofrecer microcréditos de manera solidaria (González, 2023). Estas entidades están clasificadas como organizaciones del sector financiero popular y solidario, específicamente dentro del segmento 5, correspondiente a aquellas con activos inferiores a 1 millón de dólares.

Por su parte González, (2023) cita que, respecto del impacto socioeconómico, las CAC juegan un papel clave en: La inclusión financiera y democratización del acceso al crédito: Fomento del desarrollo local mediante la financiación de emprendimientos productivos en agricultura, servicios, artesanías, entre otros sectores. Generación de empleo y mejora de la calidad de vida de los asociados y sus familias, contribuyendo a la soberanía alimentaria y la reducción de la pobreza. Gaibor et al., (2023) señalan el fortalecimiento del capital social y liderazgo comunitario, especialmente el empoderamiento de mujeres en la administración de las cajas. Además, estas cajas contribuyen a la economía popular y solidaria, desempeñando un rol estratégico para la equidad financiera y el desarrollo socioeconómico inclusivo en contextos de baja formalidad financiera (Chicaiza et al., 2025).

Tabla 1
Norma para la Constitución de Cajas y Bancos Comunales y Cajas de ahorro

Tema	Resumen
Objeto	Establecer lineamientos para la formación, estructura, operaciones y límites de las cajas comunales y de ahorro, bajo el principio de autocontrol.
Ámbito	Aplica a todas las cajas comunales y cajas de ahorro (en adelante, "cajas").
Definiciones clave	Autocontrol: Mecanismos internos propios de control. Estructura interna: Organización interna definida por cada caja. Registro: Nómina de datos de acceso público. Vínculo común: Nexo que une a los socios.
Tipos de cajas	Cajas comunales: Operan solo en recintos, barrios o comunidades. Cajas de ahorro: Socios unidos por gremio, empleador, grupo familiar, etc.
Organización	Formación voluntaria de socios. No captan fondos de terceros. No requieren personalidad jurídica. Deben registrarse y tener su propia normativa interna.
Vínculo común	Comunales: vínculo geográfico. Ahorro: vínculo institucional, gremial, laboral o barrial.
Normativa interna	Aprobada por el máximo órgano de gobierno. Incluye estructura, deberes, rendición de cuentas, solución de conflictos, etc. No requiere aprobación estatal.
Estructura mínima	Órgano de gobierno (todos los socios) Órgano directivo Órgano de control
Representante legal	Elegido por el órgano de gobierno. Representa legal y judicialmente. No puede ser representante legal en otra entidad similar simultáneamente.
Estatuto social	Debe contener: razón social, objeto, vínculo común, estructura, derechos y obligaciones, solución de conflictos y normas de liquidación.
Solución de conflictos	Por medios internos y alternativos (como la mediación), según su normativa.
Operaciones permitidas	Captar ahorros y otorgar créditos a socios. Recibir financiamiento (reembolsable o no) Operar solo con una oficina. Adquirir activos fijos (máx. 10% activos). Operar con cuentas de ahorro limitadas.
Prohibiciones	No cubiertas por seguro de depósitos ni participan en el Fondo de Liquidez. Captar fondos de terceros Otorgar préstamos a terceros Emitir tarjetas o garantías Hacer giros o recaudaciones Tener sucursales o corresponsales Promocionar servicios financieros o no financieros Realizar operaciones no listadas en el Art. 13.
Liquidación	Por decisión del órgano de gobierno, estado inactivo en RUC o por orden judicial. Requiere designación de liquidador por parte del órgano de gobierno.
Liquidador	Persona designada por el órgano de gobierno, encargada de ejecutar el proceso de liquidación.

Nota. Información recabada de la Constitución de Cajas y Bancos Comunales y Cajas de ahorro.

Es preciso destacar que la constitución de una caja de ahorro en Ecuador no solo implica cumplir con requisitos legales, sino también fortalecer procesos comunitarios de organización, solidaridad y gestión responsable. Estas entidades, cuando son bien estructuradas y acompañadas técnicamente, contribuyen al desarrollo económico local, reducen la exclusión

financiera y fomentan la autonomía económica de sus miembros. Posterior a la constitución de las cajas de ahorro es importante la administración y una adecuada gestión de los recursos humanos, materiales y financieros para garantizar la eficiencias y el desarrollo de las mismas. En este contexto el control interno cumple un rol importante, puesto radica en la capacidad de estandarizar y reproducir las operaciones, identificar los objetivos de medición en cada proceso y posición, así como establecer mecanismos de monitoreo continuo para validar el logro de los objetivos y proporcionar confiabilidad en la información proporcionada (Cumbicus et al., 2023).

Así el control Interno Contable, conjunto de políticas organizativas, métodos y procedimientos principalmente relacionados con la protección de los activos y la confiabilidad de los registros financieros, abarcan controles como sistemas de autorización y aprobación, segregación de tareas relacionadas con la anotación de registros e informes contables respecto a las operaciones o custodia de los activos, controles físicos sobre los activos y la implementación de auditoría interna. Así mismo constituye el respaldo fundamental asegura la confiabilidad de un sistema contable, la presencia y funcionamiento efectivo de estos controles son esenciales para garantizar la integridad y exactitud de la información financiera de la entidad.

Tabla 2
Las cajas de ahorro en Ecuador del 2021 al 2025

NRO.	AÑO	CANTIDAD POR AÑO	%	CANTIDAD ACUMULADA	% CRECIMIENTO
1	2021	17	2,64%	17	100,00%
2	2022	89	13,84%	106	523,53%
3	2023	126	19,60%	232	141,57%
4	2024	278	43,23%	510	220,63%
5	2025	133	20,68%	643	47,84%
TOTAL PAÍS		643	100,00%		

Nota: Información recabada de la SEPS.

En 2021, Ecuador contó con 17 cajas de ahorro; sin embargo, para 2022 suman 89 unidades financieras de este tipo lo que representó un incremento del 523,53%. Para 2023 el incremento fue del 141,57%, para 2024, para el año 2014 fue del 220,63%; mientras que para el primer cuatrimestre del 2025 el incremento es del 47,84%, lo cual demostró que en los últimos 4 años las cajas de ahorro tengan un aumento significativo en Ecuador, debido a una regulación que obligó a algunas cooperativas a transformarse en cajas, al no alcanzar el capital social mínimo requerido.

El crecimiento de 17 cajas de ahorro en 2021 a 643 cajas en 2025, representa un fortalecimiento del sector financiero popular y solidario, donde las cajas de ahorro desempeñan un papel clave en la inclusión financiera, especialmente en zonas rurales y de bajos ingresos. Si bien la tendencia es de crecimiento a nivel nacional, igualmente lo es para cada provincia. Sin embargo son las provincias de la sierra central, las que poseen el mayor incremento de cajas de ahorro con respecto del resto de provincias. Esta situación se presenta debido a la actividad productiva, de manera especial, en el sector rural y la relativa facilidad para su constitución que se basa en que cualquier grupo de personas que tenga un vínculo común puede formar una caja de ahorro o caja comunal. Con ellas pueden ahorrar y acceder a préstamos, sin que se supervise o controle el movimiento y procedencia del dinero, dado que la Junta Monetaria y Financiera, dispone que las cajas tengan normativa y estructura interna, representante legal, estatuto social y mecanismo de solución de controversias.

Tabla 3
Clasificación Cajas Comunes y Cajas de ahorro Ecuador

AÑO	CAJAS COMUNALES	CAJAS DE AHORRO	TOTAL
2021	2	15	17
2022	20	69	89
2023	15	111	126
2024	17	261	278
2025	8	125	133
Total			643

Nota: Información recabada de la SEPS.

Figura 1
Clasificación de las Cajas Comunes y Cajas de ahorro Ecuador

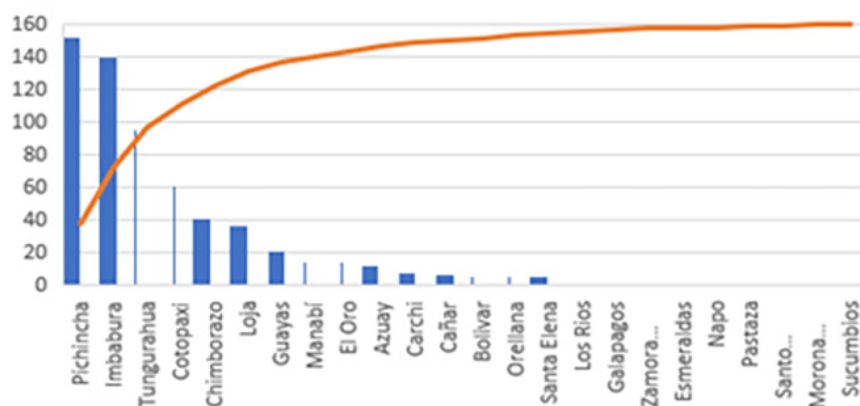
**CAJAS DE AHORRO Y CAJAS COMUNALES
ECUADOR**



Nota: Información recabada de la SEPS.

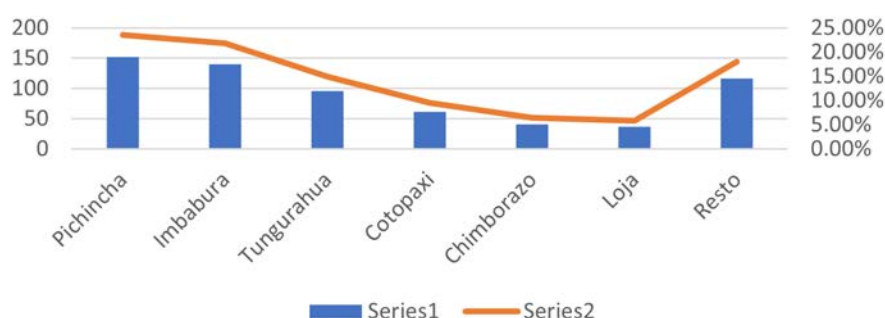
La importancia de analizar las cajas de ahorro y cajas comunales en Ecuador está regulada por un marco normativo que busca promover su funcionamiento autónomo y apoyo a la economía popular, permitiéndoles operar en el ámbito comunitario con una estructura flexible con los principios de solidaridad y autorresponsabilidad. Al canalizar la información de la evolución y crecimiento de las cajas a nivel de país, se pueden analizar un crecimiento del año 2021 al 2025, en un total de 643 cajas, evidenciado que en 2025 se refleja un total de 278, distribuidas: 17 cajas comunales y 261 cajas de ahorro. Se considera que estas Cajas de ahorro, constituyen la voluntad de sus socios para realizar transacciones financieras, ya que las mismas poseen una estructura básica de gobierno y se encuentran bajo una supervisión, dando confianza a sus depositantes.

Figura 2
Cajas Comunales y Cajas de Ahorro 2025
Cajas comunales y cajas de ahorro 2025



Nota: Información recabada de la SEPS.

Figura 3
Provincias
Provincias concentran más del 76% del total de cajas



Nota: Información recabada de la SEPS.

Son 6 provincias las que concentran más del 76% del total de cajas de ahorro en el Ecuador, reflejando así algunos aspectos favorables y otros desfavorables. Factores favorables: Mayor cobertura financiera en provincias con mayor densidad de población o tradición organizativa (Imbabura y Tungurahua tienen historia en economía solidaria). Así como la posibilidad de lograr economías de escala en capacitación, supervisión y asistencia técnica. Riesgos en la administración del dinero: Riesgo operativo Las cajas suelen ser administradas por personas con capacitación limitada en contabilidad y gestión financiera. La Falta de controles internos puede derivar en mal manejo de fondos, fraude o pérdidas involuntarias.

Riesgo de crédito: Si los préstamos se otorgan sin evaluación adecuada, el riesgo de morosidad o impago es alto. Algunas cajas pueden tener vínculos familiares o comunitarios estrechos, lo que a veces dificulta la cobranza en caso de impago. Riesgo de liquidez: Mal manejo del flujo de caja puede poner en peligro la capacidad de la caja para responder a retiros o emergencias. Cajas pequeñas, especialmente en provincias aisladas, pueden tener poca diversificación de ingresos o inversión. Riesgo legal y de regulación: Muchas cajas pueden operar sin supervisión directa de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS), de la investigación realizada muchas no se registran y se manejan de manera empírica.

Aspecto Socio-Económico: Comunidad Oñacpac caso de Estudio**Tabla 4***Bienes e infraestructura de la comunidad de Oñacpac*

VIVIENDA			USO DE INFRAESTRUCTURA	
PROPIA	ARRENDADA	OTROS	VIVIENDA	ACTIVIDAD ECONÓMICA
78,83%	14,60%	6,57%	94,16%	5,84%
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN				
ADOBE	LADRILLO	HORMIGÓN	MADERA	OTRO
54,01%	24,82%	5,84%	8,76%	6,57%

Nota: Información recabada del levantamiento de información de las cajas y bancos comunales de ahorro.

- El 78,83% de los encuestados posee vivienda propia, lo que indica que la mayoría de los habitantes de la zona son propietarios de sus hogares. Este dato refleja un grado significativo de estabilidad en la tenencia de vivienda.
- El 14,60% arrienda sus viviendas, mostrando una proporción considerable de personas y/o familias que optan por esta modalidad.
- Solo el 6,57% reside en otras condiciones, sugiriendo que estas personas no cuentan con una vivienda propia o arrendada, posiblemente debido a circunstancias particulares.

Material de las Viviendas

- La elección del material de construcción revela aspectos económicos. La vivienda de adobe es predominante, especialmente entre la población de la tercera edad, representando el 54,01%. Esto sugiere limitaciones económicas que dificultan mejoras en las condiciones de vivienda.
- El 24,82% cuenta con viviendas de ladrillo, indicando una mejor situación económica y la capacidad de mejorar las condiciones de residencia.
- Las viviendas de hormigón son escasas, representando el 5,84%, sugiriendo que este tipo de construcción es menos común en la comunidad.
- El 8,76% y 6,57% de las viviendas están construidas con madera y otros materiales respectivamente.

Tabla 5
Educación

ASPECTO	PERSONAS	%
Primaria	85	62,04 %
Secundaria	39	28,47 %
Superior	13	9,49 %
Total	137	100%

Nota: Información recabada del levantamiento de información de las cajas y bancos comunales de ahorro.

La educación puede influir en la empleabilidad, los ingresos y la movilidad social de los habitantes de la comunidad, es por ello, que se han encontrado los siguientes resultados:

Nivel de instrucción

- El 62,04 % de personas terminaron la primaria, es decir corresponde a los adultos mayores, que no tuvieron la oportunidad de seguir con los estudios. Este grupo tiene mayor representatividad.
- El 28,47%, un total de 39 personas han terminado la secundaria, por razones ajenas no pudieron seguir con sus estudios. Se evidencia una educación más sólida en comparación con la educación primaria.
- El 9,49% de personas han cruzado un nivel superior lo que les ha permitido ser profesionales. Corresponde una minoría en personas que cuentan con una educación avanzada. Este grupo podría ser crucial para el desarrollo de habilidades especializadas, el fomento de la innovación y la participación en sectores profesionales que requieren una formación más avanzada.

Empleo

- Los resultados indican que el 13,14% de la población se encuentra empleada a tiempo completo, lo que sugiere una proporción significativa de individuos que participan activamente en el mercado laboral.
- En contraste, el 11,68% de la población trabaja a tiempo parcial, lo que plantea preguntas sobre las razones detrás de esta elección laboral.
- El 6,57% de la población que experimenta subempleo es otro aspecto crucial a considerar. El subempleo puede estar vinculado a la falta de oportunidades laborales adecuadas en términos de salario, horas de trabajo o calificación requerida.
- El 68,61 de la población no tiene un empleo fijo, realizan actividades de agricultura para consumo propio y venta en la comunidad.

Tabla 6
Actividad constituye su principal fuente de ingreso

ASPECTO	FRECUENCIA	%
Agricultura	111	81,02%
Comercio	4	2,92%
Artesanal	1	0,73%
Turismo	2	1,46%
Minería	0	0,00%
Construcción	5	3,65%
Profesional	8	5,84%
Ninguno	6	4,38%
Total	137	100%

Nota: Información recabada del levantamiento de información de las cajas y bancos comunales de ahorro.

La principal fuente de ingresos es el sector de la agricultura. Este sector representa el 81,02% del total. Esto sugiere que la mayoría de los ingresos provienen de actividades agrícolas en la comunidad de Oñacpac.

Tabla 7
Tipo de bono o pensiones que perciben

ASPECTO	FRECUENCIA	%
Bono. D. Humano	77	56,20%
Pensión mis mejores años	1	0,73%
Pensión para adultos Mayores	4	2,92%
Ninguno	55	40,15%
Total	137	100%

Nota: Información recabada del levantamiento de las cajas y bancos comunales de ahorro.

Los bonos son otorgados por el estado a los grupos de mayor vulnerabilidad, la comunidad Oñacpac en su mayoría recibe el Bono de Desarrollo Humano en 56,20% que es un valor de 50 dólares mensual, el 0,73% recibe la Pensión mis mejores años, el 2,92% recibe la pensión para adultos mayores y el 40,15% no recibe ningún tipo de bono o pensión.

Desafíos y Oportunidades que enfrenta la Comunidad Oñacpac

Oñacpac es una comunidad de Ecuador, específicamente de la provincia de Loja, habitada por el pueblo indígena Saraguro. Como muchas comunidades indígenas en América Latina y en todo el mundo, enfrenta una serie de desafíos socioeconómicos. A continuación, se plantean algunos de ellos.

- *La pobreza:* es un problema significativo en muchas comunidades indígenas en Ecuador, incluida Oñacpac. La falta de acceso a oportunidades económicas, educativas y de salud contribuye a la persistencia de la pobreza en la región.
- *Acceso limitado a servicios básicos:* Muchas comunidades indígenas en Ecuador, incluida Oñacpac Saraguro, enfrentan desafíos para acceder a servicios básicos como agua potable, saneamiento, electricidad, atención médica y educación de calidad.
- *Marginalización y discriminación:* A pesar de los avances en términos de reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas en Ecuador, muchas comunidades, incluida Oñacpac Saraguro, aún enfrentan marginalización y discriminación en varios aspectos de la vida social, económica y política.
- *Desafíos en la preservación cultural:* La preservación de la identidad cultural y las tradiciones ancestrales es fundamental para muchas comunidades indígenas, incluida la de Oñacpac. Sin embargo, enfrentan desafíos debido a la influencia de la cultura dominante, la migración de jóvenes a áreas urbanas y la falta de apoyo para programas educativos y culturales que promuevan y preserven su herencia cultural.
- *Oportunidades: Turismo cultural y ecoturismo:* Oñacpac tiene un rico patrimonio cultural y natural que puede atraer a turistas interesados en aprender sobre las tradiciones, artesanías, música, danzas y estilo de vida. El ecoturismo también puede promover la conservación del entorno natural y generar ingresos para la comunidad. Además, la medicina tradicional es otro atractivo turístico el cual brinda oportunidades para el desarrollo de la salud comunitaria y también una fuente de ingresos a través de la venta de productos naturales y servicios de salud alternativos.
- *Participación en proyectos de desarrollo sostenible:* La comunidad de Oñacpac se beneficia de programas y proyectos de desarrollo sostenible que promuevan la conservación del medio ambiente, el uso responsable de los recursos naturales y la mejora de la infraestructura básica en la comunidad.

Por consiguiente, las Cajas de ahorro en comunidades indígenas se consolidan como un instrumento para el desarrollo socioeconómico sostenible como herramientas para el desarrollo local en comunidades desatendidas en Ecuador Torres et al., (2024) siendo un factor importante que impulsa la economía local y combate la exclusión financiera en sectores rurales (Rodríguez & Ponce, 2016). Específicamente en los territorios indígenas de Ecuador, provincia de Loja, estas cajas de ahorro podrían formar parte del Sistema Financiero de la Economía Popular y Solidaria con miras a un enfoque positivo porque generalizan el acceso al financiamiento, fortalecen el capital propio y ofrecen créditos ágiles con garantías acordes, beneficiando a ciertos grupos sociales más vulnerables (Chicaiza et al., 2025). Es así, que impulsan a un desarrollo sostenible siendo proyectos productivos que buscan un impacto social positivo, contribuyendo al desarrollo sustentable y una mejora de calidad de vida de sus socios (Señalin & Gutiérrez, 2025).

Discusión

Los resultados obtenidos confirman, en gran medida, la importancia de contar con estructuras organizativas y procedimientos administrativos sólidos en el funcionamiento de las cajas de ahorro comunitarias. La teoría revisada sobre el proceso administrativo (Garcés, 2025) y la estructura organizacional (Cumbicos et al., 2023), coincide con lo evidenciado en la práctica: las cajas de ahorro requieren una organización interna clara y jerárquicamente definida para optimizar el uso de sus recursos y garantizar sostenibilidad.

De acuerdo con la normativa ecuatoriana (Resolución 675-2021-F), las cajas de ahorro deben operar en un marco comunitario, autofinanciado y con gestión autónoma. Este fundamento legal reflejó la necesidad de fortalecer los mecanismos de control interno, lo cual se alinea con la teoría de Garcés (2025), quien argumenta que el control interno protege los activos, garantiza precisión contable y previene errores o fraudes. La existencia de múltiples riesgos identificados como crédito, liquidez, operativo y legal, refuerza el argumento de que el control interno debe ser prioritario en las cajas de ahorro, en concordancia con Ramírez et al. (2024), donde se evidenció que la falta de supervisión o de conocimientos técnicos pueden comprometer la sostenibilidad financiera de estas entidades, especialmente en zonas rurales o con menor acceso a educación financiera (Rodríguez & Ponce, 2016).

Por consiguiente, respecto al desarrollo socioeconómico en comunidades, respaldan la teoría que sustenta la importancia de la gestión administrativa, el control interno y la estructura organizacional en las cajas de ahorro. A su vez, evidencian brechas prácticas en formación, control y formalización que requieren ser atendidas con urgencia para consolidar este modelo como una herramienta efectiva de inclusión financiera y desarrollo comunitario.

En general, los resultados se alinean completamente con los objetivos planteados en la investigación. Se confirma que las cajas de ahorro comunitarias tienen un papel crucial en el desarrollo económico y financiero de las comunidades indígenas de Loja, y su formalización y estructuración adecuada son elementos esenciales para mejorar su eficiencia, transparencia y sostenibilidad. Las propuestas para fortalecer la gestión y la transparencia de las cajas están bien fundamentadas, y su implementación potencialmente podría garantizar un impacto duradero en la mejora de la calidad de vida en las comunidades.

Conclusiones

- El estudio concluye que existió un notable crecimiento desde 2021, de 17 cajas de ahorro a 643 cajas en lo que va del primer cuatrimestre de 2025, notándose así un fortalecimiento del sector financiero popular y solidario, donde las cajas de ahorro desempeñan un papel clave en la inclusión financiera, especialmente en zonas rurales y de bajos ingresos. Con ellas pueden fomentar la cultura del ahorro y acceder a préstamos. Además es importante que las cajas cuenten con una gestión eficiente en la administración de los recursos administrativos y financieros que propicien el desarrollo socio-económico sostenible de las comunidades.
- La gestión administrativa eficiente de las cajas de ahorro no solo mejora su desempeño interno, sino que se convierte en un motor de desarrollo económico local. Al facilitar el acceso al crédito, fomentar el ahorro y promover proyectos productivos. Estas entidades generan un impacto directo en la mejora del nivel de vida de las comunidades.
- La implementación de una estructura orgánica-administrativa adecuada fortalece la eficiencia operativa y la toma de decisiones estratégicas, optimizando el uso de recursos humanos y financieros. Esto permite a las cajas escalar sus operaciones y responder mejor a las necesidades de sus socios, promoviendo un entorno de gestión responsable y participativa.
- El control interno contable y administrativo es esencial para garantizar la transparencia y sostenibilidad de estas entidades. Su correcta aplicación protege los activos, minimiza riesgos operativos y financieros, y genera confianza en la comunidad, elementos clave para fomentar el ahorro y la inversión local.
- Legalizarlas es crucial para proteger el patrimonio de los socios, garantizar la transparencia, acceder a supervisión del ente de control y evitar riesgos legales por captación ilegal de dinero y por tanto disminuir los riesgos financieros.

Reconocimientos y Declaraciones

La contribución y participación de los autores fue equitativa con relación a los roles de autoría para esta publicación.

Los autores declaran que no se hizo uso de la inteligencia artificial para el desarrollo de la presente investigación en ninguno de sus secciones.

Referencias

- Cumbicos Castillo, H. A., Señalín Morales, L. O., & Tapia Espinoza, N. J. (2023). La importancia del control interno contable en la gestión efectiva de las empresas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1635-1647. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.6981
- Chicaiza-Herrera, M., Cargua Meneses, J. K., Pallo Cuchiparte, S. P., & Herrera Toleo, M. P. (2025). Cajas de Ahorro y Crédito, el motor oculto de la economía local. *RECIMUNDO*, 9(Especial), 395-411. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(esp\).mayo.2025.395-411](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(esp).mayo.2025.395-411)
- Díaz-Espinel, E. J., Ocaña-Garzón, M., & Mendoza-Bravo, K. L. (2025). Herramientas multimedia para fortalecerla competencia digital en los docentes. *Uru: Revista de Comunicación y Cultura*, (12), 42-59. <https://doi.org/10.32719/26312514.2025.12.4>

- Elizalde-Vega, N., & Chuquirima-Espinoza, & Serrano-Orellana B. (2025). Las cajas de ahorro como medio de desarrollo en las comunas montubias: Caso Balsalito. *Revista de Finanzas*, 5(1), 51-64. <https://doi.org/10.33386/rdf.2025.1.47>
- Gaibor González, I. D., Guamanquispe Lascano, G. A., Andrade Clavijo, B. P., & Durán Fiallos, P. I. (2023). Impacto Socio y Económico de las Cajas de Ahorro y Créditos Comunes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 7348-7365. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7479
- Garcés Quimuña, D. I. (2025). Análisis de las cajas de ahorro y crédito como parte del sistema financiero popular y solidario. Caso: Caja de ahorro y crédito 26 de abril. *GADE: Revista Científica*, 4(7), 348-366. <https://doi.org/10.63549/rg.v4i7.582>
- Gavilanes-Carranza, E. A., Tapia-Urbina, M. B., Rodríguez-Benavides, M. L., & Delgado-Flores, E. N. (2024). Sostenibilidad Financiera en las Empresas: Criterios ESG: Financial Sustainability in Companies: ESG Criteria. *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*, 2(3), 1-16. <https://doi.org/10.62131/MLAJ-V2-N3-001>
- Gonzabay Espinoza, M. M., Rosales Borbor, F. J., Palacios Meléndez, J. G., & Villao Santos, F. M. (2024). Evaluación de la Relevancia Financiera del Sector Económico en la Rentabilidad de las Cooperativas de Ahorro y Crédito en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 11536-11556. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12697
- González Ortega M. P. (2023). Reseña: Pérez Jiménez, J.M. y García Ballesteros, P.E. (2022): La Inspección de Educación. Teoría Crítica y Práctica Comprometida. *Supervisión* 21, 68(68). <https://doi.org/10.52149/Sp21/68.17>
- Ilguan, Ángel., & Hernández, P. (2025). Inclusión Financiera, Institucionalidad y Capital Social en América Latina. *UTC Prospectivas: Revista de Ciencias Administrativas y Económicas*, 8(1), 33-55. <https://doi.org/10.61236/prosp.v8i1.1009>
- Luque González, Arturo. (2026). Análisis de las afectaciones de la banca comunal en Ecuador a partir de los cambios normativos: El caso de estudio Atucucho. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, (116), 209-243. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.116.26600>
- Marcelino-Aranda, M., Muñoz Marcelino, D., Fregoso Jasso, G. S., (2020). Caja de ahorro informal, una opción de autoapoyo económico en sectores de bajos recursos. *Nova scientia*, 12(24), 0-0. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i24.2264>
- Mazabanda-Agualongo, J. E., Tiche-Andagana, A. I., Tipan-Pilamunga, S. A., & Mayorga-Díaz, M. P. (2024). Control interno para el área de cajas. Caso de estudio: COAC Pushak Runa Ltda. *Gestio et Productio. Revista Electrónica de Ciencias Gerenciales*, 6(1), 14-23. <https://doi.org/10.35381/gep.v6i1.66>
- Proaño-Altamirano, G. E., Rosero-Jimenez, D. A., & Proaño-Altamirano, J. C. (2024). Cajas de Ahorros del Ecuador: Un Enfoque desde la Perspectiva Financiera y Economía Popular y Solidaria: Savings Banks in Ecuador: An Approach from the Financial Perspective and the Popular and Solidarity Economy. *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*, 2(3), 242-261. <https://doi.org/10.62131/MLAJ-V2-N3-015>
- Rodríguez-Ulcuango, O. M., & Ponce-Armijos, R. Y.. (2016). Análisis de las entidades financieras comunitarias del Ecuador. *ECA Sinergia*, 7(2), 40-49. https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v7i2.352
- Ramírez, J. C., Andrade, C. F., Andrade, M. A., y Sumba, J. M. (2024). Sostenibilidad financiera en Ecuador: Un enfoque desde la economía solidaria. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(12), 959-972. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.e12.6>

- Señalín Morales, F. A. & Gutiérrez Chávez, L. I. (2025). Sistema de gestión contable financiero para la toma efectiva de las decisiones por pequeñas y medianas empresas ecuatorianas. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 10, e737-e737. <https://rccd.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/737>
- Tejeda-Hernández, A. E., García-Santillán, A., & Martínez-Rodríguez, M. V. (2021). Importancia de las finanzas personales en la salud financiera: Una reflexión teórica. *Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 303-314. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2021.n1.v2.2109>
- Torres Briones, R. M. ., Medina Armas, A. T. ., Ti xilema Chilingua , E. M. ., & Alarcón Velez, S. J. . (2024). Manual de finanzas para el manejo de una caja de ahorros en las economías familiares de las comunidades del cantón La Maná. *RECIMUNDO*, 8 (Especial), 481-491. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(especial\).octubre.2024.481-491](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(especial).octubre.2024.481-491)

Responsabilidad social y rentabilidad en cooperativas de ahorro y crédito

Social Responsibility and Profitability in Savings and Credit Cooperatives

Ximena Alexandra González Coronel¹ <https://orcid.org/0009-0008-4677-3996>, Siamara Patricia Coello Loaiza¹ <https://orcid.org/0000-0002-5102-8121>, Freddy Andrés Aponte Gómez¹ <https://orcid.org/0009-0008-3578-6062>

¹Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
ximena.a.gonzalez@unl.edu.ec, siamara.coello@unl.edu.ec,
freddy.aponte@unl.edu.ec



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

Enviado: 2025/06/02

Aceptado: 2025/09/04

Publicado: 2026/06/15

Resumen

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) se constituye en un factor elemental para la sostenibilidad y competitividad de las empresas, incluidas las instituciones del sector financiero popular y solidario. El presente estudio tiene como propósito analizar los efectos de la RSE en la rentabilidad de las cooperativas de ahorro y crédito del segmento 1 en el Ecuador, durante el periodo 2021 – 2023. La investigación se fundamentó en un diseño de enfoque mixto, de alcance descriptivo y correlacional, usando los métodos analítico- sintético, inductivo y deductivo. Para el estudio estadístico se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, complementado con diagramas de dispersión que permitieron identificar la fuerza y significado de los vínculos entre las variables. Los hallazgos muestran un coeficiente de correlación promedio del 0.34 este dato evidencia la existencia de un vínculo positivo bajo entre la RSE y la rentabilidad de las entidades. No obstante, existen determinadas dimensiones de la RSE que presentaron vínculos más significativos: “Participación económica de los miembros” obtuvo un coeficiente de 0.47 y la dimensión “Educación, entrenamiento e información” alcanzó un valor de 0.49. Estos resultados sugieren que el uso efectivo de las prácticas de RSE en sectores relacionados con el compromiso con los socios y la formación de la comunidad puede contribuir al mejoramiento de los índices de rentabilidad. En conclusión, se establece que el vínculo entre la RSE y la rentabilidad en las cooperativas, responde a los factores sociales y comunitarios que fortalecen la confianza, cohesión institucional y la percepción positiva de los socios.

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

Como citar: González, X., Coello, S. & Aponte, F. (2026). Responsabilidad Social y Rentabilidad en Cooperativas de Ahorro y Crédito. *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 207-226.
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1329>

Palabras clave: Responsabilidad Social, Bienestar Social, Justicia Social, Necesidad Social, Política Social.

Abstract

Corporate Social Responsibility (CSR) is a fundamental factor for the sustainability and competitiveness of companies, including institutions in the popular and solidarity financial sector. The purpose of this study is to analyze the effects of CSR on the profitability of segment 1 savings and credit cooperatives in Ecuador during the period 2021-2023. The research was based on a mixed-approach design, descriptive and correlational in scope, using analytical-synthetic, inductive, and deductive methods. For the statistical analysis, Pearson's correlation coefficient was applied, complemented by scatter plots that allowed identifying the strength and significance of the links between the variables. The findings show an average correlation coefficient of 0.34, which indicates the existence of a low positive link between CSR and the profitability of the entities. However, certain CSR dimensions showed more significant links: "Member Economic Participation" obtained a coefficient of 0.47, and the "Education, Training, and Information" dimension reached 0.49. These results suggest that the effective use of CSR practices in sectors related to member engagement and community building can contribute to improving profitability indices. In conclusion, it is established that the link between CSR and profitability in cooperatives responds to social and community factors that strengthen trust, institutional cohesion, and positive member perceptions.

Keywords: Social Responsibility, Social Welfare, Social Justice, Social Need, Social Policy.

Introducción

Las Cooperativas de Ahorro y Crédito (COAC'S) son consideradas como instituciones que contribuyen al financiamiento de aquellos sectores que comúnmente han sido excluidos por el sistema tradicional, cuyo único propósito es poder reducir las necesidades de crédito (Guallpa y Urbina, 2021). La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en años recientes se conceptualiza como un mecanismo fundamental, para gestionar la ética a nivel de entidades públicas o privadas, la misma tiene un vínculo inmediato con el servicio social y el cuidado del medio donde se desarrollan las actividades empresariales, a través de estrategias que han sido generadas para mejorar el nivel de bienestar y las condiciones de vida de las personas desde las distintas áreas en las que se desempeñan (Galarza et al., 2025).

Sin embargo, en el Ecuador la mayor parte de las empresas, conservan aún el razonamiento básico de buscar únicamente la generación de ganancias, debido a la falta de conocimiento de las ventajas que se buscan en beneficio de la sociedad (Toala et al., 2024). De igual manera, Alulema (2023) explica que una inadecuada administración de la RSE en las COAC's pueden provocar un desgaste del "valor reputacional", así como el empeoramiento del posicionamiento estratégico y una notable reducción en la capacidad de crear ingresos. Así también, Sarango (2024) indica que las COAC's de los segmentos 4 y 5 tienen un incumplimiento de las normas emitidas por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS), sobre todo en lo referido a la no presentación del "balance social", esto debido a la poca concientización en cuanto a la práctica de estos lineamientos, y más aún de la poca preocupación por atender las realidades complejas de la población a la que sirven.

En el marco de lo expuesto, se puede mencionar que a pesar de la existencia de estudios relacionados con la (RSE) y las Cooperativas de Ahorro y Crédito (COAC's), se observa una falta de datos actuales acerca de los efectos específicos de la RSE en la rentabilidad de

grupo de cooperativas. Los datos de este trabajo pretenden llenar las brechas de conocimiento proporcionando datos actualizados sobre los efectos de la RSE en la rentabilidad de las COAC's del segmento 1 en Ecuador durante el periodo 2021-2023. Además, se desarrollará un modelo práctico para analizar esta relación, y se propondrán estrategias y recomendaciones puntuales para mejorar la implementación de la RSE en estas cooperativas. De esta manera, la investigación no solo contribuirá al conocimiento académico, sino que también proporcionará instrumentos prácticos para optimizar la gestión de la RSE en las COAC's.

En lo referido a la revisión de la literatura, se consideró realizar un análisis de estudios relacionados con el tema de investigación, en primer lugar, se tiene el trabajo titulado: La “Responsabilidad Social Empresarial” en la Gestión Financiera de las Cooperativas de Ahorro y Crédito del Segmento 1 del Cantón Riobamba Periodo 2021, realizado por Alulema (2023); quien ejecutó un análisis con el propósito de diagnosticar cuales son los factores de la “Responsabilidad Social Empresarial” y en la gestión financiera de las COAC's del segmento 1, de igual modo, se identificó cuál es vínculo entre estas dos variables.

Para alcanzar este propósito se tomó se recopiló información de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS), el Consorcio Ecuatoriano para la Responsabilidad Social (CERES), repositorios y demás fuentes de datos, en lo concerniente al estudio de campo, este se llevó a cabo a tres de entrevistas, para recoger información primaria acerca de la RSE y la gestión financieros de las COAC's, los principales resultados permitieron reconocer que los aspectos que tienen un impacto en la “Responsabilidad Social Empresarial” 1, están determinados por las estrategias y políticas que las entidades tomen, con base a los principios y valores sociales cooperativistas (Alulema, 2023).

A continuación, se encuentra la investigación titulada: Responsabilidad Social en las Cooperativas de Ahorro y Crédito ecuatorianas: Percepción de sus responsables, elaborada por Galarza et al., (2025) quien efectúa un estudio con el objetivo de analizar las dimensiones que dominan en la aplicación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE); para tal efecto se empleó un marco metodológico compuesto como un enfoque cuantitativo, cuyo eje principal fue la encuesta, la misma que fue aplicada a los funcionarios responsables de la gestión de la RSE en 19 COAC's del segmento 1; los principales hallazgos indican que existe un nivel alto de interdependencia de las dimensiones social, económico y ambiental, sugiriendo que una administración integral y coordinada de la RSE podría llegar a ocasionar un impacto favorable en el desempeño de las cooperativas.

Otro estudio relacionado es el titulado: La “Responsabilidad Social Empresarial” 1 como fundamento de la estrategia competitiva en las Cooperativas de Ahorro y Crédito del segmento 4 y 5, en la Ciudad de Loja, año 2021 efectuado por Sarango (2024), el objetivo del estudio fue conocer si estas entidades poseen modelos de administración de RSE; para tal efecto se desarrolló una investigación cualitativa de tipo descriptivo, también se consideró el de uso de pruebas cualitativas, para así obtener una perspectiva integral del uso de los modelos de RSE. Los datos indican que ninguna de las entidades analizadas cuenta con un modelo como tal, ya que solo presentan su “balance social” como parte de un requisito de cumplimiento, esto debido a las limitaciones relacionadas con recursos financieros, ausencia de conocimientos acerca de este tema, y de sobremanera el factor tecnológico, juegan un papel crucial para la puesta en marcha de estos lineamientos (Sarango, 2024).

De igual, manera se consideró el estudio de Cloud et al., (2023) denominado: “La Responsabilidad Social como factor de la Gestión Financiera de las Entidades Bancarias en la provincia de Huánuco 2022”, cuyo propósito fue determinar si la RSE es un aspecto

que incide en la gestión financiera, para lo cual se abordó una metodología integrada por un diseño no experimental, de nivel correlacional. La muestra a estudiar estuvo compuesta de 107 colaboradores de las entidades bancarias de la Ciudad de Huánuco para el año 2022, y la herramienta de recolección fue un cuestionario.

Los principales resultados indican que el coeficiente de correlación entre la RSE y la gestión financiera fue de 0,560, de igual manera, el nivel de significancia fue de 0,000, resultado que permite indicar que la RSE es un aspecto significativo de la gestión financiera en las entidades bancarias (Cloud et al., 2023). Acto seguido se encuentra la investigación titulada: “La Responsabilidad Social en las Cooperativas de Ahorro y Crédito del Ecuador”, elaborada por Ávila y Cuadrado (2022), este trabajo tiene el propósito de valorar el nivel de participación “Responsabilidad Social Empresarial” 1 de una COAC que oferta sus servicios en la provincia del Azuay; la metodología usada fue de tipo descriptivo, de enfoque cualitativo; así también, se empleó el método deductivo y la técnica de análisis de contenido.

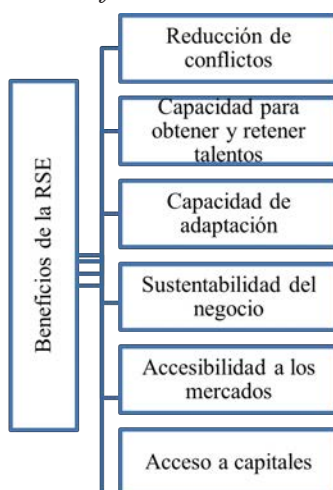
Los resultados más destacados indican que la dimensión económica es la fortaleza principal de las dimensiones analizadas; sin embargo, el factor ambiental requiere de una mayor divulgación dentro de los balances sociales, y en las dimensiones de gobierno corporativo y social, se observa una evolución favorable, así pues, estos datos permiten concluir que la Cooperativa de Ahorro y Crédito estudiada, muestra un gran compromiso en la divulgación de información, de una manera clara y oportuna (Ávila y Cuadrado, 2022).

Responsabilidad Social Empresarial

Carroll (2025) manifiesta que la RSE es una forma en que las organizaciones dan una respuesta a sus necesidades de carácter económico, legal, ético o discrecional; de igual modo, Drucker (1984) estipula que la función primordial de la RSE es transformar una problemática social en una ventaja económica, en una capacidad operativa, en competencias individuales, o en trabajos lucrativos. McWilliams & Siegel (2001) señalan que la RSE involucra aquellas situaciones donde la organización va mucho más allá del cumplimiento y participa de manera activa en estrategias que fomentan el bien social, y que están más allá de los objetivos propios de la empresa. Cuesta y Martínez (2003) indican que la RSE es una distinción y combinación de la actividad operacional de las empresas, así como de los desafíos sociales y ecológicos, lo cual da espacio a la generación de prácticas empresariales, para que éstas a su vez cumplan con los requerimientos y configuraciones con sus usuarios.

Beneficios de la RSE

Figura 1
Beneficios de la RSE



El Instituto Ethos (2012) manifiesta que la aplicación de la RSE otorga ciertos beneficios o ventajas, los cuales son mostrados continuación:

- Reducción de conflictos: los principios éticos y morales ayudan a la organización a desarrollar vínculos sólidos con sus clientes, cuya base es el diálogo, ya que los procesos legales generan un incremento de los costos y un desgaste institucional, motivo por el cual, la especificidad de los principios y valores aseguran el cumplimiento y las negociaciones de los Stakeholders.
- Capacidad para obtener y retener talentos: al practicar la RSE los colaboradores tienen más motivación hacia la práctica de una gestión socialmente responsable, respetan a la persona y a su vez invierten en la capacitación; de igual manera, la RSE genera para la empresa nuevos colaboradores, y a su vez, hace que el colaborador se sienta motivado a quedarse en el empleo.
- Sustentabilidad del negocio: la continuidad de la empresa es también una preocupación de los socios o accionistas, en este sentido las prácticas socialmente responsables reducen las posibles eventualidades que pueden afectar a la empresa.
- Accesibilidad a los mercados: el respeto de las normas sociales, como la lucha contra la discriminación, además de sus prácticas ambientales, contribuyen a la disminución de la contaminación del ambiente donde opera la empresa.
- Acceso de capitales: al asegurar el monitoreo de los riesgos sociales y ambientales, la organización puede acceder a fuentes de financiamiento.

Cañarte et al., (2022) manifiestan que los beneficios que brinda la RSE son bastante favorables, ya que fomentan el crecimiento de las empresas, razón por la cual las organizaciones deben estipular dentro de sus normas la importancia en la administración de la RSE. De igual manera, los autores indican que la gestión estratégica facilita en gran medida la generación de beneficios competitivos, los cuales a su vez dan como resultado la reducción de costos al evitar problemas con la sociedad, mejoramiento de la productividad, esto debido a que los colaboradores se sienten más identificados con la empresa, ya que se valora el rol que tiene cada colaborador.

Principios Cooperativistas

Figura 2
Principios cooperativistas



Membresía abierta y voluntaria. Las Cooperativas de Ahorro y Crédito son entidades de tipo voluntario, y se encuentran disponibles para aquellos socios que requieren usar sus servicios, y también están dispuestos a reconocer los compromisos que conlleva la membresía sin discriminación de género, raza, clase social, posición política o religión (Chamba, 2021). En este sentido, las entidades deberán proponer de manera permanente un portafolio de productos y servicios los cuales deben estar adaptados a las demandas de sus socios, aspecto que repercute en la consolidación de la organización (Mora, 2022).

“Control Democrático de los miembros”. Las COAC’s son monitoreadas por sus miembros, quienes tienen una participación activa en la determinación de las normas y en el proceso de toma de decisiones, los hombres y mujeres son elegidos para representar a su entidad y responden ante sus miembros (Chamba, 2021). También, se define que las entidades al ejercer actividades de autogestión, tienen la capacidad de participar de forma dinámica ante la asamblea o junta general y en el consejo de administración y vigilancia (SEPS, 2023).

“Participación económica de los miembros”. Los miembros de las entidades financieras favorecen de forma ecuaníme y monitorean de forma transparente el capital de la cooperativa, generalmente perciben una “compensación limitada”, si es que hubiera la necesidad (Chamba, 2021). Es por ello que, como parte de su responsabilidad, tanto la entidad financiera como sus socios, de manera democrática tienen que asignar los rendimientos anuales con algunos propósitos, y que en grupo buscan por medio de la capitalización, desarrollo de beneficios mayores para sus miembros; así también, tiene el propósito de fomentar la situación financiera de la entidad (Mora, 2022).

Autonomía e Independencia. Las COAC’s son entidades autónomas de ayuda mutua, supervisadas por sus socios (Chamba, 2021). De igual manera, se establece que esta dimensión refleja la solvencia financiera y económica bajo la cual dirige su accionar, así como la oportunidad de crear convenios y colaboraciones estratégicas con otras entidades, para asegurar la gestión democrática por parte de los miembros, avivando el concepto de ayuda mutua (Mora, 2022).

Capacitación, formación e información. Las instituciones del sector cooperativista facilitan los procesos de “educación y entrenamiento” a sus integrantes, a sus dirigentes, gerentes y colaboradores. La inversión continua asegura el mejoramiento de las habilidades, capacidades y destrezas de cada colaborador, de forma que éstos puedan aportar su propio desarrollo individual, y, por ende, al de la entidad (Mora, 2022).

De igual forma, estos procesos de capacitación contribuyen de manera eficaz al mejoramiento de sus capacidades, y al desarrollo de las organizaciones en sus zonas de influencia (Superintendencia de Economía Popular y Solidaria, 2023).

Cooperación entre cooperativas. Las entidades del sector cooperativo, sirven a sus integrantes de manera eficaz y robustecen la tendencia cooperativa, trabajando de manera articulada por medio de sistemas internos y externos, desarrollando alianzas tanto con organizaciones de la misma rama, así como con entidades de control, para la realización de un proceso de unificación y fortalecimiento del sector, que son estrategias clave en el desarrollo y aplicación de mejores prácticas (Mora, 2022).

Compromisos con la comunidad. Una entidad desarrolla sus actividades enfocadas en la sostenibilidad y en el desarrollo comunitario a través de las políticas aceptadas por sus miembros, es por ello que el desarrollo sostenible, fundamentado en el trabajo de una sociedad cooperativa,

debe estar enfocado en los requerimientos y deseos de la comunidad, aportando de manera continua en el desarrollo económico, social y cultural del sector cooperativo (Mora, 2022).

Indicadores de rendimiento financiero

Graterol et al., (2010) citado en el trabajo de Coba et al., (2019) manifiestan que estas organizaciones se fundamentan en una serie de particularidades que las hace distintas de las sociedades capitalistas, es por ello que el rendimiento financiero en esta clase de empresas hace referencia a la recuperación del capital invertido por los socios y en el empleo de los activos productores de ganancias, los cuales pueden ser estudiados antes o después de la aplicación de una estrategia.

Villacís (2021) explica que el rendimiento financiero es concebido como una ganancia obtenida por la ejecución de los distintos procesos financieros que ejecutan las cooperativas y la rentabilidad obtenida al final de un periodo económico, es por ello que, además de valorar el riesgo de las actividades de inversión con respecto a las entidades, también es importante medir la eficacia de las estrategias; en este sentido es indispensable contar un proceso metodológico que permita planificar, prevenir los riesgos y valorar la rentabilidad esperada.

Yaguache y Hennings (2021) manifiestan que en el Ecuador las “entidades financieras” tienen la obligación de publicar, entre otros indicadores, los de eficiencia al menos una vez al año, con la finalidad de facilitar el acceso a los socios y al público externo los datos económicos y financieros, que permitan conocer el desempeño de cada una de sus actividades.

Adicionalmente, el Art 221 del Código Orgánico Monetario Financiero (2020) estipula que las entidades que forman parte del sistema financiero nacional, darán a conocer los estados de situación, de pérdidas y ganancias, patrimonio técnico, índices de liquidez, solvencia eficiencia y rentabilidad, los cuales tendrán que contar con una opinión profesional de un auditor calificado.

Nava (2009) señala que el desempeño financiero es fundamental en toda clase de empresas, ya que éste permite determinar y cuantificar la gestión corporativa con respecto a los parámetros de análisis financiero: de liquidez, solvencia, apalancamiento, rentabilidad y eficiencia; de igual modo, también se debe considerar otros aspectos internos como la administración de recursos, clima laboral, tecnología y el comportamiento de la organización en su conjunto.

Rentabilidad del Activo (ROA)

Yaguache y Hennings (2021) indican que este ratio valora el grado de retorno fundado por el activo, además es una métrica de eficacia en la administración de los recursos de la organización. En cuanto a la interpretación: mientras menor sea el resultado del indicador, indica que la organización no podrá producir los ingresos necesarios que permitan el fortalecimiento del patrimonio. De igual manera, Gualpa y Urbina (2021) explican que el ROA examina cómo la administración genera retornos sobre los activos, constituyéndose en una ventaja que esta métrica no se vea afectada por estructuras de capital con alto nivel de apalancamiento.

Fórmula de cálculo:

$$R O A = \frac{U t i l i d a d}{N e t a}$$

Rendimiento del Patrimonio (ROE)

Determina el rendimiento ganado sobre la inversión de los socios o accionistas comunes de la organización, así también, se define que esta métrica cuantifica el retorno obtenido por el capital invertido por los accionistas de la institución financiera. Este índice se interpreta de la siguiente manera: mientras menor sea el indicador, la institución muestra que no podrá tener recursos suficientes para responder ante los accionistas (Yaguache y Hennings, 2021). El rendimiento del patrimonio también examina el grado de retorno generado de la inversión del accionista, no obstante, este indicador no toma en cuenta los riesgos vinculados con el nivel de endeudamiento (Gualpa y Urbina, 2021).

Fórmula de cálculo:

$$R O A = \frac{Utilidad\ Neta}{Patrimonio}$$

Finanzas Sostenibles

A medida que el ecosistema empresarial se transforma, las finanzas sostenibles son cada vez más importantes, puesto que éstas juegan un papel fundamental en el proceso de toma de decisiones, sobre todo de inversión, donde se toma en cuenta los factores medioambientales, sociales, el desarrollo y equidad social, adoptando estrategias financieras sostenibles. Además, se considera, que ésta tiene una particularidad verde, enfocada en el combate del cambio climático y disminución de gases contaminantes, cuyo propósito es promover que las instituciones incentiven el respeto a los derechos humanos, la justicia social y el buen gobierno de las empresas, por medio de la canalización de recursos hacia proyectos y actividades ambientales (Cando, 2025).

Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este documento se consideró un enfoque mixto, el cual está integrado por una parte cuantitativa y otra cualitativa, ya que se realizó una recolección de datos la cual provino de fuentes de información oficiales, en este caso del órgano de control, es decir, la SEPS, de donde se tomó la información económica financiera de las COAC's del segmento 1 del Ecuador y los resultados del "balance social" de cada una de las entidades participantes para, posteriormente, emplear un método estadístico y así poder dar una respuesta a una de las preguntas de investigación: ¿Cuáles son las dimensiones de la "Responsabilidad Social Empresarial" l donde la Rentabilidad ha tenido un mayor impacto?.

Continuando con este proceso metodológico, se define que esta investigación fue de naturaleza descriptiva, la cual sirvió para encontrar cuáles son las particularidades más trascendentales de la RSE y su efecto en la rentabilidad de las COAC's del segmento 1. También se establece que esta investigación fue de tipo correlacional, con el fin de encontrar un vínculo existente entre las dimensiones que componen el "balance social" de la "Responsabilidad Social Empresarial" y los indicadores de rentabilidad de las COAC's del segmento 1, para el periodo 2021-2023.

De igual manera, se utilizaron los métodos analítico-sintético e inductivo-deductivo. En lo correspondiente al primero, este método se aplicó al momento de realizar un estudio de las dimensiones y componentes de la "Responsabilidad Social Empresarial" y su incidencia en la rentabilidad de las COAC's, del segmento 1.

Y el método inductivo-deductivo, fue utilizado para conocer cuáles son las dimensiones y componentes de la RSE de las COAC's del segmento 1; y la segunda parte de este método es decir el deductivo, permitió abordar de manera coherente el rendimiento financiero de las

COAC's y su relación con la RSE, para lo cual se parte de principios y conceptos generales; es decir, cuáles son las dimensiones que han generado un mayor impacto en la rentabilidad de las mismas.

Técnicas e instrumentos

Recopilación Bibliográfica

La técnica de la recopilación bibliográfica fue empleada en esta investigación, al momento de indagar y recopilar la información de fuentes primarias y secundarias, en este caso toda la conceptualización referida a la “Responsabilidad Social Empresarial” y la Rentabilidad de las COAC's, la cual proviene de libros, artículos académicos y otros insumos; también se recogió información económica financiera de la SEPS.

Población y Muestra

La población se encuentra conformada por las 46 Cooperativas de Ahorro y Crédito, pertenecientes al segmento 1.

Tabla 1

Listado de Cooperativas de Ahorro y Crédito del Segmento 1

Ruc	Entidad Financiera	Segmento 2024
0190115798001	COAC. Juventud Ecuatoriana Progresista Ltda.	1
0190155722001	COAC. Jardín Azuayo Ltda.	
1790866084001	COAC. Policía Nacional Ltda.	
1790451801001	COAC. Cooprogreso Ltda.	
1790501469001	COAC. Alianza Del Valle Ltda.	
1790567699001	COAC. 29 de Octubre Ltda.	
1890001323001	COAC. Ocus Ltda.	
1768168480001	Corporación Nacional De Finanzas Populares Y Solidarias	
1890003628001	COAC. San Francisco Ltda.	
1790325083001	COAC. Andalucía Ltda.	
1890141877001	COAC. Mushuc Runa Ltda.	
0590052000001	COAC. De La Pequeña Empresa De Cotopaxi Ltda.	
0691706710001	COAC. Fernando Daquilema Ltda.	
1090033456001	COAC. Atuntaqui Ltda.	
0690045389001	COAC. Riobamba Ltda.	
0390027923001	COAC. De La Pequeña Empresa Biblián Ltda.	
1891710328001	COAC. Chibuleo Ltda.	
1791708040001	Caja Central Financoop	
1790093204001	COAC. 23 De Julio Limitada	
1190068389001	COAC. Vicentina Manuel Esteban Godoy Ortega Ltda.	
0490002669001	COAC. Tulcán Ltda.	
1891709591001	COAC. Ambato Ltda.	
0490001883001	COAC. Pablo Muñoz Vega Ltda.	
1890037646001	COAC. El Sagrario Ltda.	
1891710255001	COAC. Kullki Wasi Ltda.	
0190158977001	COAC. Crea Ltda.	
1690012606001	COAC. De La Pequeña Empresa De Pastaza Ltda.	
0290003288001	COAC. San Jose Ltda.	
1091720902001	COAC. Pilahuin Tio Ltda.	
1790979016001	COAC. De Los Servidores Públicos Del Ministerio De Educación Y Cultura	

Ruc	Entidad Financiera	Segmento 2024
0190024733001	COAC. Erco Ltda.	1
1890080967001	COAC. Cámara De Comercio De Ambato Ltda.	
0790024656001	COAC. Santa Rosa Limitada	
0790015002001	COAC. Once De Junio Ltda.	
1890142679001	COAC. Indígena Sac Ltda.	
1190015110001	COAC. Padre Julián Lorente Ltda.	
1390089410001	COAC. Comercio Ltda.	
0190087603001	COAC. Alfonso Jaramillo León Caja	
0190021769001	COAC. La Merced Ltda.	
0590041920001	COAC. 9 De Octubre Ltda.	
1390007791001	COAC. Chone Ltda.	
1390013678001	COAC. 15 De Abril Ltda.	
0591711164001	COAC. Virgen Del Cisne	
1390001920001	COAC. Calceta Ltda.	
1190075539001	COAC. De La Pequeña Empresa Cacpe Loja Ltda.	
1490005710001	COAC. De La Pequeña Empresa Gualaquiza	

Muestra

Muestreo No probabilístico. Se establece que la muestra de esta investigación se conforme por las 46 COAC's del segmento 1, las cuales son tomadas del Catastro de entidades de la EPS para el año 2024.

Criterios de selección

Criterios de inclusión. En el caso de este análisis se consideraron únicamente a las COAC's del segmento 1 que posean un reporte o informe de “balance social” completo y cuantificado, es decir, únicamente 16 entidades.

Criterios de exclusión. Para aplicar este criterio, se tiene que no se tomaron en cuenta las COAC's del segmento que no tienen un reporte cuantificado de “Responsabilidad Social Empresarial” 1, cuyo detalle se muestra a continuación:

Tabla 2
Criterio de inclusión y exclusión

	COAC's	%
Poseen informe cualitativo de RSE	10	22%
No posee informe de RSE	20	43%
Poseen informe completo de RSE	16	35%
Total	46	100%

Procesamiento de la información

Coefficiente de Pearson

Fiallos (2021) expresa que el Coeficiente de correlación de Pearson brinda un dato numérico de la relación entre dos dimensiones cuantitativas, es decir, muestra si el vínculo es positivo o negativo, así como la fuerza o intensidad de la correlación entre las variables, es por ello que, si la correlación es favorable, significa que el vínculo es directo, si se evidencia lo contrario significa una relación inversa.

Tabla 3*Interpretación de los Resultados del Coeficiente Correlación de Pearson*

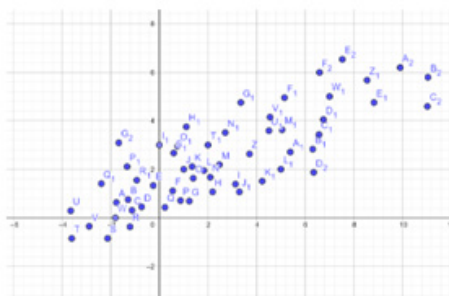
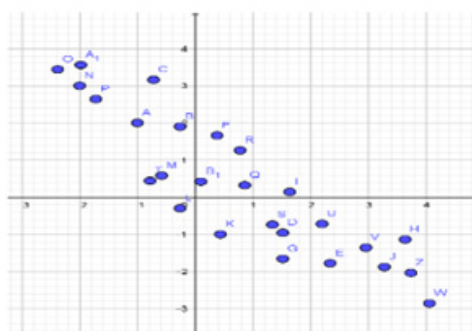
Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Diagrama de Dispersión

Roy et al., (2020) indican que para examinar de forma gráfica una correlación se emplea un “diagrama de dispersión”, el cual permite observar la actuación de las dos variables. Donde cada uno de los puntos representa el encuentro de un par de observaciones.

Características de un Diagrama de Dispersión

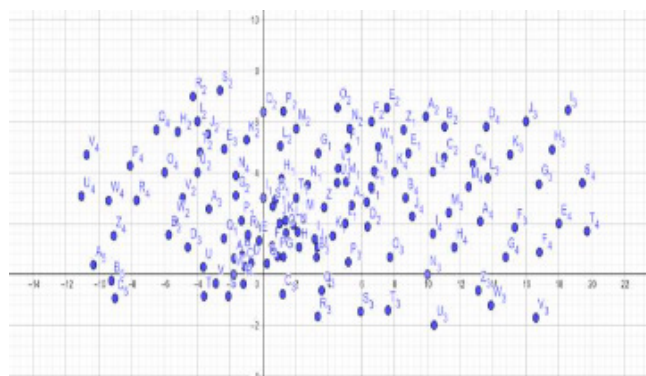
- Esta representación tiene dos variables de tipo cuantitativo, siendo (x) la variable independiente y (y) la variable dependiente. Los puntos no se encuentran entre sí.
- No es una tabla de frecuencias (Fiallos, 2021).
- Relación favorable entre las variables

Figura 3*Relación favorable entre las variables***Relación desfavorable entre las variables****Figura 4***Relación desfavorable entre las variables*

No existe relación entre las variables

Figura 5

No existe relación entre las variables



Resultados

En este apartado, se ubican los cálculos que permiten identificar si existe un efecto o relación entre la RSE y la rentabilidad de las COAC's del segmento 1 para el periodo comprendido entre el 2021 y el 2023. Para materializar este objetivo, se aplicó el Coeficiente de Correlación de Pearson, el cual permitió vincular la rentabilidad con cada una de las siete variables que componen la RSE para cada uno de los periodos analizados.

Coeficiente de Correlación de Pearson 2021

Tabla 4

Coeficiente de Correlación de Pearson 2021

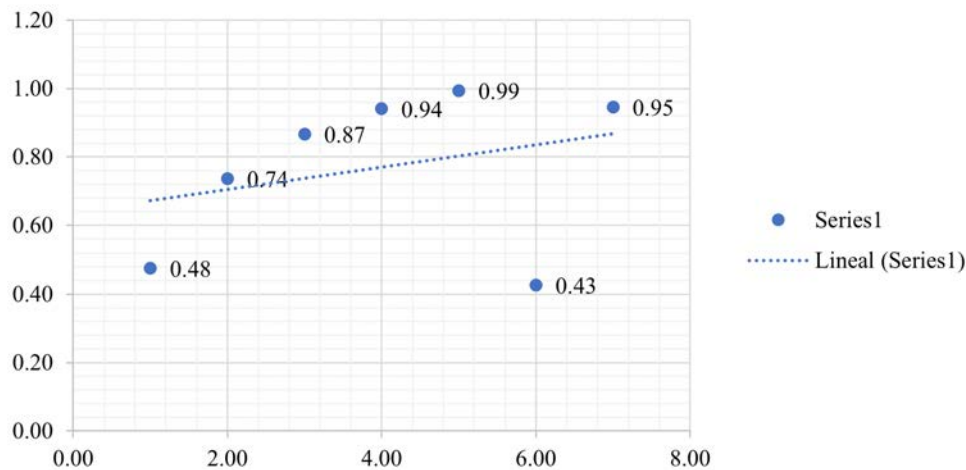
Relación entre el Rendimiento Financiero y la Responsabilidad Social Empresarial									
Entidades Financieras		Renta. Finan.	Responsabilidad Social						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	COAC Cooprogreso Limitada	1,82%	4,67%	4,64%	4,38%	4,86%	4,75%	4,71%	4,36%
2	COAC 29 De Octubre Ltda.	4,29%	81,25%	83,33%	80,00%	100,00%	75,00%	80,00%	53,85%
3	COAC Atuntaqui	3,51%	4,78%	50,00%	18,66%	25,78%	25,81%	100,00%	100,00%
4	COAC Crea Ltda.	0,16%	26,27%	48,81%	29,96%	69,41%	52,15%	20,09%	42,79%
5	COAC Padre Julián Lorente	0,89%	4,05%	0,00%	3,86%	0,00%	0,00%	0,00%	3,37%
6	COAC Cámara De Comercio De Ambato	2,66%	4,78%	50,00%	18,66%	25,78%	25,81%	100,00%	100,00%
Coeficiente de Correlación de Pearson			0,48	0,74	0,87	0,94	0,99	0,43	0,95

Tabla 5

Interpretación de los resultados del Coeficiente de Pearson 2021

Dimensiones	Resultado	Tipo de Correlación
P1	0,48	Correlación positiva moderada
P2	0,74	Correlación positiva alta
P3	0,87	Correlación positiva alta
P4	0,94	Correlación positiva muy alta
P5	0,99	Correlación positiva muy alta
P6	0,43	Correlación positiva moderada
P7	0,95	Correlación positiva muy alta
Promedio	0,77	Correlación positiva alta

Figura 6
Coeficiente de Correlación de Pearson 2021



Los resultados del “Coeficiente de Correlación de Pearson” para el año 2021, muestran que, a nivel general, existe una relación 0,77 es decir, se evidencia una correlación positiva alta; en referencia a este resultado, Fiallos (2021) quien expresa que si el resultado es positivo significa que el vínculo entre las variables analizadas es directo, es decir, el crecimiento de un factor está relacionado con el incremento de la otra, y viceversa. En lo concerniente al resultado del coeficiente de Pearson para este año, se tiene que la relación entre la rentabilidad y la “Responsabilidad Social Empresarial” 1 (RSE), es directa.

De igual modo, se detectó un vínculo favorable entre la rentabilidad financiera y las dimensiones de la “Responsabilidad Social Empresarial” 1 (RSE). Los resultados más destacados se encuentran en las dimensiones: (P5) “Educación, entrenamiento e información” (0,99), P7 “Compromiso con la Comunidad” (0,95), P4 “Autonomía e Independencia” (0,94); es decir, en la mayoría de las dimensiones existen valores positivos, lo cual incide en la generación de este resultado.

Coeficiente de Correlación de Pearson 2022

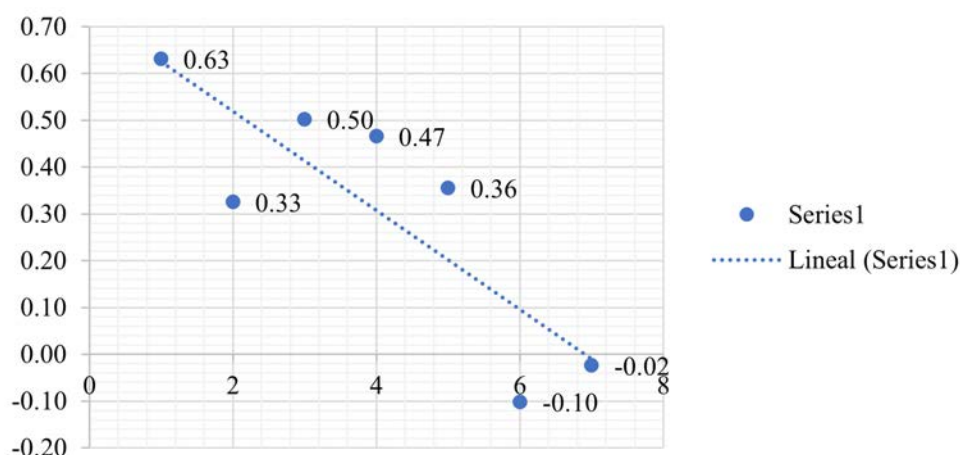
Tabla 6
Coeficiente de Correlación de Pearson 2022

Relación entre el Rendimiento Financiero y la Responsabilidad Social Empresarial									
Entidades Financieras		Renta. Finan.	Responsabilidad Social						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	COAC Cooprogreso Limitada	0,50%	4,73%	4,64%	4,58%	4,86%	4,50%	4,71%	4,45%
2	COAC 29 De Octubre Ltda.	4,61%	75,00%	83,33%	80,00%	75,00%	77,78%	80,00%	53,85%
3	COAC 9 De Octubre Ltda.	1,43%	83,33%	83,33%	76,19%	80,00%	72,22%	77,78%	88,89%
4	COAC Atuntaqui	2,29%	24,94%	0,00%	0,00%	39,41%	298,60%	23,74%	0,00%
5	COAC Crea Ltda.	0,01%	24,85%	37,55%	13,86%	57,10%	56,13%	121,16%	47,41%
6	COAC Cámara De Comercio De Ambato	-0,66%	7,16%	50,00%	5,73%	-3,73%	-4,49%	100,00%	100,00%
7	COAC Padre Julián Lorente	2,01%	3,76%	0,00%	4,14%	0,00%	0,00%	0,00%	2,67%
8	COAC De La Pequeña Empresa De Cotopaxi Limitada	3,89%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
9	COAC Vicentina Manuel Esteban Godoy Ortega Limitada	0,75%	59,38%	91,67%	100,00%	100,00%	93,75%	100,00%	73,08%
Coeficiente de Correlación de Pearson			0,63	0,33	0,50	0,47	0,36	-0,10	-0,02

Tabla 7
Interpretación de los resultados del Coeficiente de Pearson 2022

Dimensiones	Resultado	Tipo de Correlación
P1	0,63	Correlación positiva moderada
P2	0,33	Correlación positiva baja
P3	0,50	Correlación positiva moderada
P4	0,47	Correlación positiva moderada
P5	0,36	Correlación positiva baja
P6	-0,10	Correlación negativa muy baja
P7	-0,02	Correlación negativa muy baja
Promedio	0,31	Correlación positiva baja

Figura 7
Coeficiente de Correlación de Pearson 2022



Los resultados del “Coeficiente de Pearson” para el 2022, indican que de manera general existe una correlación positiva baja de 0,31; para apoyar esta respuesta se encuentra lo definido por Fiallos (2021) quien postula que cuando el signo del resultado del coeficiente de Pearson es favorable, quiere decir que se evidencia un vínculo directo, también se determina que es una función creciente, donde el aumento de una variable está asociado con el aumento de la otra y viceversa.

En estos cálculos se evidencia que, de las siete dimensiones, dos de ellas han arrojado un valor negativo P6 (-0,10) y P7 (-0,02). Mientras que el resto de dimensiones ha arrojado valores positivos y estos a su vez se ubican en un rango: correlación positiva baja y moderada. De igual modo, se observa que existen dos dimensiones que generan valores altos como: P1 (0,63) y P3 (0,50).

Coeficiente de Correlación de Pearson 2023

Tabla 8
Coeficiente de Correlación de Pearson 2023

Relación entre el Rendimiento Financiero y la Responsabilidad Social Empresarial									
Entidades Financieras		Renta. Finan.	Responsabilidad Social						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	COAC Cooprogreso Limitada	0,00%	89,50%	100,00%	100,00%	100,00%	89,70%	100,00%	100,00%
2	COAC 15 De Abril Ltda.	0,06%	80,00%	100,00%	66,67%	100,00%	85,71%	100,00%	91,67%

Relación entre el Rendimiento Financiero y la Responsabilidad Social Empresarial									
Entidades Financieras		Renta. Finan.	Responsabilidad Social						
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
3	COAC 23 De Julio Limitada	0,60%	75,00%	100,00%	92,31%	80,00%	53,57%	65,22%	59,09%
4	COAC 29 De Octubre Ltda.	3,16%	78,80%	77,10%	89,10%	93,60%	82,10%	83,80%	79,00%
5	COAC 9 De Octubre Ltda.	2,59%	80,77%	87,50%	78,33%	78,70%	89,52%	83,33%	86,21%
6	COAC Ambato Ltda.	4,59%	92,90%	88,90%	100,00%	96,70%	100,00%	94,70%	90,90%
7	COAC Atuntaqui	2,60%	22,68%	55,32%	18,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
8	COAC Crea Ltda.	0,00%	41,40%	81,82%	84,62%	82,91%	68,97%	45,94%	57,95%
11	COAC De La Pequeña Empresa De Cotopaxi Limitada	4,22%	75,00%	73,00%	100,00%	93,00%	52,00%	61,00%	79,00%
12	COAC Erco Limitada	1,82%	80,00%	90,90%	100,00%	93,50%	96,60%	100,00%	100,00%
13	COAC San Francisco Ltda.	1,72%	78,95%	81,82%	91,67%	86,67%	88,00%	58,62%	58,33%
14	COAC Santa Rosa Ltda.	0,78%	88,24%	88,24%	100,00%	96,43%	95,83%	84,00%	81,25%
15	COAC Tulcán Limitada	2,16%	80,00%	75,00%	100,00%	100,00%	72,00%	100,00%	95,00%
16	COAC Vicentina Manuel Esteban Godoy Ortega Limitada	3,06%	86,00%	95,00%	96,00%	93,00%	88,00%	84,00%	91,00%
Coeficiente de Correlación de Pearson			0,12	-0,45	0,05	-0,10	-0,08	-0,06	0,01

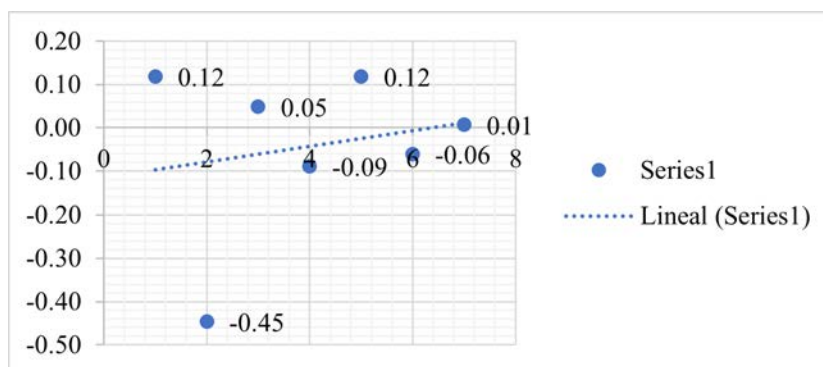
Tabla 9

Interpretación de los resultados del Coeficiente de Pearson 2023

Dimensiones	Resultado	Tipo de Correlación
P1	0,12	Correlación positiva muy baja
P2	-0,45	Correlación negativa moderada
P3	0,05	Correlación positiva muy baja
P4	-0,09	Correlación negativa muy baja
P5	0,12	Correlación positiva muy baja
P6	-0,06	Correlación negativa muy baja
P7	0,01	Correlación positiva muy baja
Promedio	-0,04	Correlación negativa baja

Figura 8

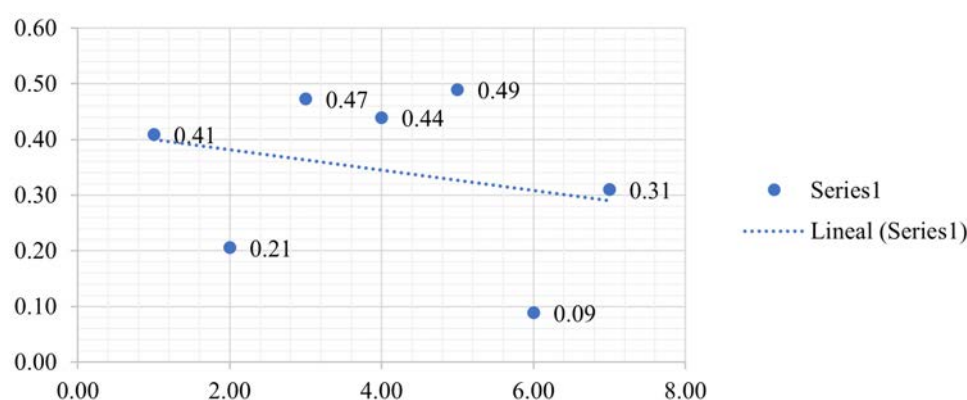
Coeficiente de Correlación de Pearson 2023



Finalmente, se observan los resultados del “Coeficiente de Correlación de Pearson” para el 2023, el promedio general indica que ésta tiene un valor promedio de -0,04 lo que significa que tienen una correlación negativa baja. Fiallos (2021) sostiene que existe una relación inversa o indirecta, en otras palabras, el aumento de alguna de las variables está vinculado con la reducción de la otra. Así pues, de las siete dimensiones tres de ellas han presentado variaciones negativas: P2 (-0,45), P4 (-0,09), y P6 (-0,06). No obstante, del resto de dimensiones se observa que la que presenta un resultado favorable, pero en un nivel bajo, en este caso se encuentra la dimensiones P1 (0,12) y P5 (0,12).

Resultado general del Coeficiente de Correlación de Pearson**Tabla 10***Matriz resultado general del Coeficiente de Correlación de Pearson*

Dimensiones	Resultado	Tipo de Correlación
P1	0,41	Correlación positiva moderada
P2	0,21	Correlación positiva baja
P3	0,47	Correlación positiva moderada
P4	0,44	Correlación positiva moderada
P5	0,49	Correlación positiva moderada
P6	0,09	Correlación positiva muy baja
P7	0,31	Correlación positiva baja
Promedio general	0,34	Correlación positiva baja

Figura 9*Resultado general del Coeficiente de Correlación de Pearson*

Los datos ubicados en la tabla 10 y figura 9, permite detectar que para el periodo comprendido entre el 2021 y el 2023, se obtiene un Coeficiente de Correlación de Pearson promedio de 0,34 lo cual quiere decir, que ésta presenta una correlación positiva baja, entre las variables de “Responsabilidad Social Empresarial” y rendimiento financiero de las COAC’s del segmento 1; de igual modo, se encontró que las dimensiones que tienen una mayor representatividad dentro de este estudio son: P3 (0,47) y P5 (0,49).

Discusión

Masaquiza (2020) sostiene que la “Responsabilidad Social Empresarial” 1 (RSE), es uno de los requerimientos de la administración financiera, y de sobremanera en los sectores cooperativistas, debido a que la sociedad necesita de una administración óptima de los riesgos financieros conjuntamente de aquellos que están relacionados con la ética, ambiente y sociedad, frente a los órganos de control, los socios e instancias nacionales. Ahora bien, para encontrar la relación, que existe entre la (RSE) y la Rentabilidad de las Cooperativas de Ahorro y Crédito del segmento 1, se consideró la aplicación del Coeficiente de Correlación de Pearson los principales resultados indican, que de manera general, es decir, para el periodo comprendido entre el 2021 al 2023; éste generó un resultado de 0,34 es decir, existe una correlación positiva baja; y siendo más específicos, este resultado permite determinar la presencia de un vínculo entre estas dos variables, así pues, dentro de este resultado se destacan las dimensiones: “Participación económica de los miembros” con un promedio de 0,47, es decir, una correlación positiva moderada. Y la dimensión Educación, entrenamiento e información, presentó un promedio aritmético de 0,49,

este resultado indica que existe una correlación positiva moderada, todo esto permite inducir que esta relación favorable se debe a la aplicación de estrategias de RSE en las entidades analizadas, lo cual repercute en un posible incremento de la rentabilidad del patrimonio y de los activos; en este último, un crecimiento de la cartera de crédito, además de un incremento importante de la fidelización de los clientes, atrayendo a otros más.

Estos datos concuerdan con la investigación efectuada por Alulema (2023), quien ha determinado que los aspectos que inciden de manera favorable en la gestión de la RSE son: el cumplimiento de la norma legal, la sostenibilidad de la entidad, fidelización de los socios, estrategias de marketing, transparencia y gestión de cuentas, los cuales contribuyen en gran medida al desarrollo social. Por consiguiente, al ser las COAC's organizaciones socialmente responsables con sus socios, grupos de interés, y todos los demás actores vinculados con la gestión financiera y transparencia, da como resultado la creación de una sólida confianza de la comunidad a las COAC's y un aumento de la ventaja competitiva.

Por otro lado, estos resultados discrepan totalmente con el documento elaborado por Malla et al., (2021), quienes han detectado, la existencia de un vínculo mínimo de la RSE y la rentabilidad financiera, en este caso de los bancos ecuatorianos inscritos en el Consorcio Ecuatoriano para la Responsabilidad Social (CERES), ya que a decir de los investigadores en el Ecuador, un buen rendimiento financiero de estas entidades no se debe precisamente a prácticas responsables, o las estrategias de valor al cliente, ni al buen gobierno corporativo o la adecuada gestión de riesgos evidenciadas en las memorias de sostenibilidad. Más bien, estos resultados se deben a otros aspectos como estrategias empresariales aplicadas desde el sector bancario.

Esta clase de discrepancias enriquecen los resultados de esta investigación, puesto que la aplicación de estrategias de RSE contenidas en el informe de "balance social", tienen repercusiones favorables en la gestión de las COAC's del segmento 1; esto puede deberse a diversas causas como: el principio social y comunitario, ya que las COAC's son creadas por y para sus socios, cuyo enfoque es satisfacer los requerimientos financieros de sus miembros y contribuir al desarrollo de las comunidades donde operan. Otro elemento sería la relación con el enfoque al bienestar de los socios, así pues, al lograr esta premisa las COAC's buscan priorizar la sostenibilidad y desarrollo humano por encima de la rentabilidad misma, y otro punto a destacar es que, el modelo de cooperativismo que manejan las COAC's, ayuda a la creación de confianza y una percepción favorable de los socios, aspectos que son importantes para su sostenibilidad.

Conclusiones

El estudio del Coeficiente de correlación de Pearson evidencia la existencia de un vínculo positivo bajo de 0.34 entre la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) y la rentabilidad financiera de las Cooperativas de Ahorro y Crédito del segmento 1 en el Ecuador, durante el periodo 2021-2023. Así pues, dentro de estos resultados se destacan dos dimensiones con correlaciones moderadas: "Participación económica de los miembros" (0.47) y "Educación, entrenamiento e información" (0.49).

Si bien es cierto, los resultados muestran una relación favorable entre la RSE y la rentabilidad, el impacto detectado es limitado. En efecto, se sugiere el fortalecimiento de las estrategias de RSE en estas entidades, direccionándolas hacia la elaboración y aplicación de estrategias más efectivas que, además de fortalecer el bienestar social, ayudan al mejoramiento financiero de las mismas.

De igual manera, los resultados expresan que la aplicación de acciones de RSE, organizadas con los principios del cooperativismo, fomentan la generación de confianza, la percepción institucional y promueve vínculos sostenibles con los socios y la comunidad donde se desarrolla. Estos hallazgos son consistentes con los encontrados en investigaciones previas, las cuales destacan la importancia de la transparencia, sostenibilidad y el cumplimiento de las políticas en la consolidación financiera de las cooperativas.

Finalmente, se concluye que, a diferencia de otras instituciones del sistema financiero, en las cooperativas de ahorro y crédito del segmento 1, existe una concordancia significativa, entre la responsabilidad social y los indicadores de rentabilidad. Es por ello que, el invertir en educación, participación y bienestar social, no solo representa una gran responsabilidad ética, sino también un factor clave que permite asegurar la competitividad, permanencia y desarrollo sostenible en el mercado financiero.

Reconocimientos y Declaraciones

Este trabajo forma parte del Trabajo de Titulación de la maestría titulada “*Responsabilidad Social y Rentabilidad en Cooperativas de Ahorro y Crédito*”. La autora desea expresar su agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, por el respaldo académico brindado y a los docentes Ing. Freddy Aponte e Ing. Siamara Coello, por su orientación durante el desarrollo del estudio.

Este estudio no ha recibido financiamiento externo y no es necesario declarar fondos específicos.

Los autores han contribuido al diseño metodológico, recolección de información, análisis de resultados y redacción final del documento.

Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, no se ha utilizado herramientas de inteligencia artificial.

Referencias

- Alulema Alvarado, W. M. (2023). La Responsabilidad Social Empresarial en la Gestión Financiera de las Cooperativas de Ahorro y Crédito del Segmento 1 del Cantón Riobamba periodo 2021. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo], 1-84. Riobamba. <https://bit.ly/3zPQPwB>
- Ávila Torres, Y. F., & Cuadrado Sánchez, G. P. (2022). LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EN LAS COOPERATIVAS DE AHORRO Y CRÉDITO DEL ECUADOR. *Revista Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*, 9(3), 274-283. <https://doi.org/10.46677/compendium.v9i3.1086>
- Cando Arroba, L. (2025). Gestión Contable y Sostenibilidad Financiera en las Cooperativas de Ahorro y Crédito de la ciudad de Ambato. *Revista Scientia Andes*, 1(1), 33-55. <https://doi.org/10.64230/sca.v1i1.3>
- Cañarte-Baque, A. D., Tóala-Bozada, S. P., & Tóala-Bozada, F. A. (2022). Mirada a la evolución de la responsabilidad social empresarial. *Dominio de las Ciencias*, 8(1), 1035-1055. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383411>
- Carroll, A. B. (2025). El modelo tridimensional de desempeño social corporativo revisado y actualizado. *Revista de Negocios Sostenibles*, 4(4), 497-505. <https://jcsr.springeropen.com/articles/10.1186/s40991-025-00109-2>
- Chamba González, R. A. (2021, Noviembre). Balance Social. *Superintendencia de Economía Popular y Solidaria*, 1-88. Retrieved from <https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/Elementos-claves-e-importancia-del-Balance-Social-Cooperativo-DGRV.pdf>

- Cloud Dolores, G. H., Hurtado Palomino, E. F., & Soto Carbajal, D. A. (2023). La Responsabilidad Social como Factor de la Gestión Financiera de las Entidades Bancarias en la Provincia De Huánuco 2022. [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán], En línea. Huánuco. <https://bit.ly/3LzbET9>
- Coba-Molina, E., Díaz-Córdova, J., Tapia-Panchi, E., & Mansilla Sepúlveda, J. (2019). El rendimiento financiero explicado a través de los principios cooperativos. Un estudio en las cooperativas de ahorro y crédito del Ecuador. *Contaduría y Administración*, 64(4), 1-21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7724988>
- Código Orgánico Monetario Financiero, Libro I. (2020, Febrero 28). Registro Oficial Suplemento 332. Retrieved from <https://bit.ly/49gc1f4>
- Cuesta González, M. D., & Martínez, C. V. (2003). Responsabilidad social de la empresa: Concepto, medición y desarrollo en España. *Boletín Económico de ICE Información*(2755), 7-20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=301530>
- Drucker, P. F. (1984). The New Meaning of Corporate Social Responsibility. *California Management Review*, 53-63.
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/466/573>
- Galarza Torres, S., Carrillo Punina, A., & Armijos Robles, L. (2025). Responsabilidad Social en las Cooperativas de Ahorro y Crédito ecuatorianas: Percepción de sus responsables. *Revista De Ciencias Sociales*, 31(12), 568-579. <https://doi.org/10.31876/rcs.v31i.44607>
- Graterol, Á., Alizo, M. A., & Molero, N. (2010). Evaluación del rendimiento financiero a las cooperativas del municipio Maracaibo, Edo. Zulia. Periodo: 1999-2006. *Omnia*, 16(2), 150-177. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73715084009.pdf>
- Gualpa Guamán, A., & Urbina-Poveda, M. A. (2021). Determinantes del desempeño financiero de las cooperativas de ahorro y crédito del Ecuador. *Revista Economía y Política*(34), 1-24. <https://bit.ly/4cPyRct>
- Instituto ETHOS. (2012). Indicadores Ethos de Responsabilidad Social Empresarial. 1-78. <https://bit.ly/49Vile5>
- Malla Ceferino, C. C., Vega Aguilar, S. A., Salcedo Muñoz, V. E., & Sotomayor Pereira, J. (2021). Responsabilidad Social Empresarial en el sector financiero del Ecuador durante el período 2016 - 2019. *Revista Recus*, 6(2), 47-55. <http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Recus/article/view/978/848>
- Masaquiza Jimenes, T. I. (2020). Responsabilidad social y gestión financiera de las cooperativas de ahorro y crédito del segmento 1 en la ciudad de Ambato. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Ambato. <https://bit.ly/4i7GWg8>
- McWilliams, A., & Siegel, D. (2001). Corporate Social Responsibility: A Theory of the Firm Perspective. *Academy of Management*, 26(1), 117-127. <https://www.jstor.org/stable/259398?seq=1>
- Mora Riofrío, H. E. (2022). Informe de Balance Social. [Cooperativa de Ahorro y Crédito Coopmego], 1-29. <https://bit.ly/4hY27AS>
- Nava Rosillón, M. A. (2009). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista Venezolana de Gerencia*, 14(48), En línea. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1315-99842009000400009
- Roy-García, I., Rivas-Ruiz, R., Pérez-Rodríguez, M., & Palacios-Cruz, L. (2020). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista alergia México*, 66(3), En línea. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-91902019000300354&script=sci_arttext#aff1

- Sarango Quizhpe, J. (2024). La responsabilidad social empresarial como fundamento de la estrategia competitiva en las cooperativas de ahorro y crédito del segmento 4 y 5, en la ciudad de Loja, año 2021. *[Tesis de posgrado, Universidad Andina Simón Bolívar]*, 1-62. Quito. <https://bit.ly/3WwigEC>
- Suárez Ibujés, M. O. (2011, Diciembre 9). Coeficiente de correlación de Karl Pearson. *[Anotaciones, Univerisdad Técnica del Norte]*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/766>
- Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. (2023, Junio). Norma de Balance Social. 1-44. https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/BS_Presetacio%CC%81n-2023-06-06-2023.pdf
- Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. (2024, Junio 03). Segmentación de entidades del Sector Financiero Popular y Solidario. 1-5. <https://www.seps.gob.ec/wp-content/uploads/01.-Segmentacio%CC%81n-2024.pdf>
- Toala Mendoza, S. T., Arredondo Hidalgo, M. G., & Hernández Sampieri, R. (2024). Responsabilidad social corporativa y sostenibilidad en las Cooperativas de Ahorro y Crédito del Ecuador. *Revista San Gregorio*(57), 104-125. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i57.2715>
- Villacís Palacios, J. E. (2021). La Responsabilidad Social y El Rendimiento Financiero de las COAC's Segmento 3 del Cantón Ambato. *[Tesis de posgrado, Universidad Técnica de Ambato]*, 1-109. Ambato. <https://bit.ly/4p69PeG>
- Yaguache Maza, D. M., & Hennings Otoyá, J. A. (2021). La gestión financiera como factor de la rentabilidad en las cooperativas de ahorro y crédito del Ecuador 2016-2020. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 5(4), 356-371. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8289214>

Agricultura sostenible / Sustainable Agriculture





“Cada artículo brillante nace de la visión y el esfuerzo del autor, y se perfecciona gracias al ojo crítico del revisor y la sensibilidad del editor. Los tres, con roles distintos pero complementarios, son el verdadero motor del éxito en el camino hacia la excelencia”.

Fausto Enrique Jácome López, M.Sc
Editor Asociado Principal
Revista Tecnológica ESPOL - RTE



Efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de pimienta (*Capsicum annuum* L.)

Effect of Humic and Fulvic Acids on Pepper Cultivation (*Capsicum annuum* L.)

Antonio Gonzalo Álava Murillo¹ <https://orcid.org/0000-0002-9786-7879>, Darlyn José Amaya-Márquez¹ <https://orcid.org/0000-0003-4961-0283>, Mariana del Rocío Reyes Bermeo² <https://orcid.org/0000-0001-5100-2098>, Anggi Liseth Peñaranda Vásquez¹ <https://orcid.org/0009-0002-1263-4361>, Kleber Manuel Calle-Romero¹ <https://orcid.org/0000-0003-0489-2408>

¹Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador
aalava@uagraria.edu.ec, damaya@uagraria.edu.ec, anggi.penaranda.vasquez@uagraria.edu.ec, kcalle@uagraria.edu.ec

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
mreyes@uteq.edu.ec



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

Enviado: 2025/05/29

Aceptado: 2026/04/21

Publicado: 2026/06/15

Resumen

El uso de fertilizantes químicos genera serios problemas como contaminación ambiental, resistencia a plagas, enfermedades y disminución de la seguridad alimentaria, la tendencia actual es la utilización de productos orgánicos como una alternativa para producir alimentos sanos que generen el incremento de la productividad. Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de varias dosis de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de pimienta. La investigación se realizó en el cantón Palestina, provincia del Guayas-Ecuador, se utilizó un diseño completo al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados muestran que el tratamiento cinco, conformado por la combinación ácido fúlvico + ácido húmico (0.25g+1.87cc), tuvieron mejor efecto en las variables evaluadas. La altura de la planta en la primera evaluación fue de 16.38 cm hasta 50.98 cm, el diámetro del tallo fue de 2.94 cm a 3.24 cm, la floración fue a los 27 días, se obtuvo un promedio de cinco frutos por planta. En la variable diámetro del fruto también sobresalió el tratamiento cinco con 5.12 cm diámetro, la longitud del fruto fue

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

Como citar: Álava, A., Amaya-Márquez, D., Reyes, M., Peñaranda, A. & Calle-Romero, K. (2026). Efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de pimienta (*Capsicum annuum* L.). *Revista Tecnológica - Espol*, 387(1), 229-244. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1327>

de 12.41cm hasta 12.49 cm, el peso del fruto fue de 212.50 gramos, con una productividad de 1416.65 kg/ha, con una relación B/C de \$1.28, es decir que, por cada dólar invertido, el agricultor recibe \$0.28. Por lo tanto, se concluye que el ácido húmico y fúlvico presentan efectos positivos como complemento a la fertilización.

Palabras clave: Compuesto orgánico, fertilizante, materia orgánica, nutrición de las plantas, suelo.

Abstract

The use of chemical fertilizers generates serious problems such as environmental pollution, pest and disease resistance, and reduced food security. Current trends favor the use of organic products as an alternative for producing healthy foods while increasing productivity. This study aimed to evaluate the effect of applying different doses of humic and fulvic acids on pepper cultivation. The study was conducted in Palestina Canton, Guayas Province, Ecuador, using a completely randomized design with seven treatments and four replications. The results showed that Treatment 5, consisting of a combination of fulvic acid and humic acid (0.25 g + 1.87 cc), produced the best results across the variables evaluated. Plant height in the first evaluation ranged from 16.38 cm to 50.98 cm, stem diameter ranged from 2.94 cm to 3.24 cm, flowering occurred at 27 days, and an average of 5 fruits per plant was obtained. For fruit diameter, Treatment 5 also showed the best performance, reaching 5.12 cm. Fruit length ranged from 12.41 cm to 12.49 cm, fruit weight reached 212.50 g, and productivity reached 1,416.65 kg/ha, with a benefit–cost ratio of \$1.28; that is, for every dollar invested, the farmer receives a return of \$0.28. Therefore, it is concluded that humic and fulvic acids have positive effects as a supplement to fertilization.

Keywords: organic compound, fertilizer, organic matter, plant nutrition, soil.

Introducción

El pimiento (*Capsicum annum* L.) es originario de la zona de Bolivia y Perú, donde cultivaban al menos cuatro especies. En el siglo XVI se propagó en España, de donde se distribuyó en el resto de Europa y con la colaboración de portugueses, se convirtió en un producto alimenticio muy importante. El pimiento es una planta de clima cálido, con una temperatura óptima de 18 a 21 °C. Cuenta con baja humedad relativa, se siembra en suelo fértil, es ligeramente ácido y no tolera la salinidad (Figuerola et al., 2015).

En los actuales momentos, a nivel mundial, la producción de hortalizas tiene una gran demanda debido a las crecientes necesidades de alimentación de la población ya sea para el consumo en estado fresco o también a nivel de la industria, por lo cual, es necesario mejorar los sistemas de cultivos para incrementar la productividad (Mujica et al., 2018); por lo tanto, esta hortaliza tiene gran importancia económica, debido a su alto consumo por el valor nutricional que ofrece como la presencia de vitaminas A, B y C, además, por el aporte de minerales como K, Mg y P., tiene importancia en la dieta diaria (Terry, 2021). Por consiguiente, es oportuno proponer nuevas alternativas de producción agrícola que contribuya a la nutrición de los seres humanos y que sea amigable con el entorno. Dado que, el uso de fertilizantes químicos genera problemas como contaminación ambiental, resistencia a plagas, enfermedades y disminución de la seguridad alimentaria (Ye et al., 2020), la tendencia actual es la utilización de productos

orgánicos que generen el incremento de la productividad, como los ácidos húmicos y fúlvicos. Se trata de moléculas de características heterogéneas que se encuentran presentes en el suelo y forman parte activa de la materia orgánica, por ello, se constituyen en una alternativa para mejorar la composición del suelo y, por ende, propiciar un aumento en la productividad y mejorar la calidad de la cosecha (López-Nataret et al., 2022).

El uso de abonos orgánicos tiene múltiples beneficios, como el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, además, revitaliza la actividad biológica y proporciona materia orgánica humificada y nutrientes al suelo. Pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Mancilla et al., 2020). Los ácidos húmicos son moléculas orgánicas complejas provenientes de la descomposición de materia orgánica, por lo tanto, constituyen una alternativa en el manejo agronómico, y además permite mejorar la calidad e incrementar la productividad en el cultivo de pimiento (Preciado-Rangel et al., 2024). El ácido húmico favorece la eficiencia del uso de nutrientes, ya que mejorar la calidad de la fruta también aumenta la tolerancia al estrés hídrico de las plantas, y puede disminuir la incidencia de enfermedades, contribuyendo al crecimiento temprano y la floración, en tanto, que su composición química ayuda a introducir microorganismos benéficos en los sistemas de cultivo (Pineda-Cotrino et al., 2022).

Los ácidos fúlvicos, son compuestos orgánicos formados por la descomposición de material orgánico y son parte de la estructura del humus presente en el suelo, es decir, se encuentra en la arcilla, la arena y las rocas de montañas; por lo tanto, los ácidos húmicos y fúlvicos están relacionados con su peso molecular y la movilidad en el suelo, los ácidos húmicos tienen alto peso molecular, por tal razón, tienen mayor impacto en las propiedades físicas y con excelentes efectos biológicos en el suelo, mientras tanto que, los ácidos fúlvicos al ser de bajo peso molecular contribuyen al transporte de los micronutrientes en el suelo (Pedroso-Rodríguez et al., 2022). Los efectos benéficos de las sustancias húmicas actúan como bioestimulante de las plantas y contribuyen a la economía circular (Jindo et al., 2020). Asimismo, Martínez de la Cruz et al. (2025) señalan que los ácidos húmicos tienen efectos favorables en la fertilidad del suelo, debido a que aumenta la absorción de los minerales, además de estimular la actividad microbiana en el suelo permite un mejor desarrollo radicular y favorece la productividad en los cultivos.

En Ecuador, el pimiento se desarrolla y se adapta a diferentes zonas climáticas, de esta forma puede cultivarse tanto en climas templados y tropicales. Se siembra alrededor de 1420 hectáreas de pimiento, la productividad promedio es de 4.58 ton/ha considerado un promedio bajo, debido a las incorrectas prácticas de fertilización y el uso de semillas no certificadas (Ortega et al., 2022). Este cultivo tiene una gran importancia en el país, por su valor nutricional, el pimiento es rico en vitaminas y minerales, con gran contenido en vitamina C, el más alto de todas las especies hortícolas; el sabor picante que posee se debe al contenido de alcaloide capscicina (Rodríguez-Fernández et al., 2020).

La demanda de alimentos de alta calidad es creciente, sin embargo, las características de los productos están ligados a la nutrición de la planta, a sus características genéticas, y agronómicas, las cuales varían de acuerdo con su adaptabilidad a las diferentes zonas productoras de esta hortaliza. La mayor parte de producción se obtiene bajo el modelo de agricultura intensiva, donde se realizan aplicaciones excesivas de fertilizantes químicos que busca maximizar la productividad, esto genera contaminación en el entorno (Campi et al., 2025); por lo tanto,

la agricultura convencional genera múltiples problemas como la degradación de los suelos por el uso excesivo de agroquímicos, también propicia la contaminación del recurso hídrico, pérdida de la biodiversidad, desarrollo de resistencia a plagas y enfermedades, en tanto que, con la aplicación de abonos orgánicos humus de lombriz y guano de murciélago se mejoran los suelos en contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio para el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos (Quiñonez et al., 2020).

En ese contexto, el uso excesivo de agroquímicos en la actividad agrícola arremete con la fertilidad de los suelos, esto afecta la producción de cultivos, además, causa la destrucción de la flora y fauna benéfica presente en el suelo. Frente a esta problemática, la aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes inciden de manera favorable en las respuestas fisiológicas en los cultivos; de esta manera, se puede mejorar la calidad de las cosechas y producir alimentos sanos (Reyes-Pérez et al., 2021). La aplicación de ácidos húmicos en la producción de pimiento es una alternativa para aumentar la productividad y mejora la calidad del fruto (Martínez-Scott & Ruiz, 2018), además, los ácidos húmicos son productos amigables con el entorno, por ello, es importante en la agricultura ecológica, su utilización, ya que mejora la calidad de los productos hortícolas (Alarcón-Zayas et al., 2018).

Según López-Salazar y Sánchez-Bernal (2019) indican que las sustancias húmicas han demostrado efectos positivos en la nutrición de cultivo, ya que permiten la absorción de minerales provocando el incremento de la masa radicular, la longitud del tallo, aumento de la biomasa foliar, calidad del fruto y mejora la productividad; además, Ayón et al. (2017) sostienen que, la aplicación de ácidos húmicos permite la absorción de macro y micronutrientes, lo cual ayuda al crecimiento de la planta generando una mayor formación del sistema radicular.

En la agricultura se desarrollan distintas actividades agrícolas para mejorar la producción y calidad del fruto, la fertilización es una de ellas, ya que se constituye una de las labores más importantes para la planta, debido a que proporciona los nutrientes necesarios y mejoran las respuestas fisiológicas de los cultivos, potencializan la calidad de las cosechas, con la utilización de productos orgánicos se puede minimizar la fertilización sintética; al mismo tiempo incrementan la tolerancia al estrés biótico. Por lo anterior, surge la necesidad de investigar sobre la aplicación de diferentes dosis de ácidos húmicos y fúlvicos como alternativas productivas para lograr una agricultura amigable con el ambiente, produciendo alimentos sanos, por lo tanto, este estudio pretende reducir los impactos que causan el uso excesivo de los fertilizantes químicos.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la aplicación de varias dosis de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de pimiento de la variedad Nathalie, en el cantón Palestina de la provincia del Guayas, con el fin de buscar alternativas de producción que sean amigables con el entorno y aumenten la productividad.

Materiales y Métodos

Ubicación y manejo del experimento

La investigación se efectuó en la hacienda “El Silencio”, ubicada en el recinto San Vicente, del cantón Palestina, provincia del Guayas. Las coordenadas UTM son: 1°37'35"S 79°58'37"O, a una altitud de 10 msnm, con una temperatura promedio de 25 °C y una precipitación promedio anual de 1200 mm (GAD Municipal del cantón Palestina, 2023). La investigación fue de tipo

experimental, en campo, donde se evaluaron las diferentes dosificaciones de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de pimiento de la variedad Nathalie. Se estableció el semillero en bandejas germinadoras donde se utilizó sustrato de origen natural compuesto de tierra y cascarilla de arroz, en el cual se colocaron las semillas del híbrido Nathalie.

El terreno se limpió de forma manual, luego se realizó un pase de rastra para que el suelo quede suelto y listo para la siembra. El trasplante se lo realizó a los 25 días cuando las plantas presentaban dos hojas verdaderas, a un distanciamiento de 0.5 por 0.8 m. Se aplicó riego por goteo se lo instaló antes del trasplante, con la finalidad de que haya capacidad de campo al momento de la siembra, además de realizar un riego constante ante la necesidad del cultivo. La fertilización se realizó con Humiagro compuesto por ácido húmico al 22% y Fulcrop wp compuesto por ácido fúlvico al 60% la aplicación se la realizó con base en los esquemas establecidos que son a los 15, 30 y 45 días, después del trasplante. El control de malezas se lo realizó de forma manual para evitar afectación en el cultivo. El manejo fitosanitario se lo realizó de manera preventiva, con la finalidad de evitar el ataque severo de plagas y enfermedades, se utilizó un insecticida natural preparado a base de neem, además, se aplicó fungicida foliar Phyton para evitar ataque de hongos y bacterias. La cosecha se realizó de forma manual, con ayuda de tijeras desinfectadas para evitar lesiones en frutos o la planta.

Diseño experimental

Se estableció un diseño de bloques completos al azar (DBCA), conformado por siete tratamientos y cuatro repeticiones, con un área total del experimento de 700 m², donde se evaluaron diferentes dosificaciones de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y la mezcla de ácidos húmicos y fúlvicos en dosis altas y bajas, lo cual generó un total de 28 unidades experimentales cuyas dimensiones son 5m x 5m (parcela), con un total de 50 plantas por parcela; al azar se evaluaron 10 plantas por unidad experimental. La medición de varias plantas por unidad reduce la variabilidad interna y mejora la precisión experimental, lo que contribuye a la representatividad.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados están conformados por distintas dosis de Humiagro que está compuesto por ácido húmico al 22% y Fulcrop wp por ácido fúlvico al 60% como se muestra a continuación.

Tabla 1
Descripción de los tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	DOSIS / HA	DOSIS / PARCELA	DISOLUCIÓN H ₂ O/ PARCELA	FRECUENCIA APLICACIÓN
T1: Ácidos húmicos	500cc/ha	1.25 cc/ parcela	0.50L /parcela	15-30-45 días
T2: Ácido húmico + Acido fúlvico	600cc+300g/ha	1.5 cc+075g/parcela	1 L /parcela	15-30-45 días
T3: Ácidos húmicos	400cc/ha	1 cc/ parcela	0.50 L /parcela	15-30-45 días
T4: Ácidos fúlvicos	250g/ha	0.63g/parcela	0.50 L/ parcela	15-30-45 días
T5: Ácidos fúlvico + Acido húmico	100g+75cc/ha	0.25g+1.87cc/parcela	1 L/parcela	15-30-45 días
T6: Ácidos fúlvicos	150g/ha	0.38g/parcela	0.50 L/parcela	15-30-45 días
T7: Testigo Absoluto				

Variables evaluadas

Altura de la planta

Esta variable se midió con una cinta métrica, desde la base de la planta hasta llegar al último brote apical, se seleccionó diez plantas al azar, los datos se registraron en centímetros y fueron tomados al 15, 30 y 45 días después del trasplante.

Diámetro del tallo

Se midió el diámetro del tallo con una cinta métrica, se seleccionaron diez plantas al azar de los surcos centrales de cada parcela, los datos fueron tomados en centímetros a los 15, 30, 45 días después del trasplante.

Días de floración

Se contabilizaron los días de floración del cultivo, se seleccionaron diez plantas al azar del área útil de cada parcela; cuando estaba el 50% de los botones florales abierto se registró el porcentaje.

Número de frutos por planta

Se consideraron diez plantas al azar y se contabilizó el número de fruto por cada planta hasta su primera cosecha, estos datos fueron promediados con base al resultado de los tratamientos.

Diámetro del fruto

Para medir esta variable, se escogieron diez frutos al azar dentro del área útil de cada parcela, luego se procedió a medir con la ayuda de un calibrador para obtener un promedio en centímetros.

Longitud del fruto

Para esta variable, se escogieron diez frutos al azar del área útil de cada parcela, luego se procedió a medir la longitud del fruto con la ayuda de un calibrador, con el fin de obtener un promedio en centímetros.

Peso del fruto

En esta variable se escogieron diez frutos al azar del área útil de cada parcela de los tratamientos, con ayuda de una balanza se pesaron los frutos y se expresó el peso en gramos.

Productividad

Se procedió a evaluar el rendimiento de cada parcela, número de frutos por planta, el peso promedio del fruto para luego este resultado ser expresado en kg/ha.

Análisis económico

Para determinar esta variable se utilizó la relación costo/beneficio. Se determinó el costo de producción (preparación del terreno, insumos, mano de obra y costos indirectos) de los tratamientos estudiados y luego se establecieron los ingresos por la venta de los frutos de pimiento. El beneficio neto se determinó mediante la diferencia entre los ingresos brutos y los costos totales por cada tratamiento. La relación costo/beneficio se calculó dividiendo el beneficio neto para el costo de producción.

Análisis estadístico

Los datos fueron ordenados en Excel, y luego se analizaron en el programa estadístico Infostat. Previo al análisis de varianza se verificó el cumplimiento de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad de los datos con la prueba de Levene que son necesarios para el análisis de varianza paramétrico. A continuación, se aplicó la separación de medias empleando la prueba de Tukey ($p < 0.05$), no fue necesario realizar transformación de los datos de las variables dependientes en estudio.

Resultados y Discusión

Altura de planta (cm)

Con base en el análisis estadístico, esta variable muestra diferencias entre los tratamientos, se observó que el tratamiento cinco, conformado por la combinación de ácido fúlvico + ácido húmico, en la primera evaluación fue de 16.38 cm hasta 50.98 cm de altura de planta, seguido por el tratamiento cuatro con (ácido fúlvico) con 15.68 cm hasta 37.05 cm de altura, mientras que el testigo alcanzó 14.28 cm hasta 27.20 cm de altura, es decir, que hubo diferencia significativa en las diferentes evaluaciones realizadas, con un coeficiente de variación menor al 10% en las tres evaluaciones, lo cual es corroborado por Reyes-Pérez et al. (2021) quienes en su ensayo aplicaron ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos en el cultivo de pimiento, en el cual evidencian que los tratamientos con ácidos húmicos registraron mayor altura, es decir, que el ácido húmico tiene un efecto positivo en el desarrollo de las plantas de pimiento. De igual manera, Cobeña-Montes et al. (2022); Targino et al. (2023) indican que la aplicación de ácidos húmicos favorece el crecimiento de las plantas, ya que estimula la absorción de agua y la asimilación de los nutrientes presentes en el suelo.

Diámetro de tallo

En cuanto a la variable diámetro del tallo, se determinó que el tratamiento cinco, conformado por la combinación (ácido fúlvico + ácido húmico), en la primera evaluación fue de 2.94 cm hasta 3.24 cm de diámetro, seguido por el tratamiento cuatro con (ácido fúlvico) que alcanzó 2.36 hasta 2.69 cm de diámetro, y el testigo presentó de 1.63 hasta 1.87 cm diámetro en la evaluación final; por lo tanto, existe alta diferencia significativa ($p < 0.01$) entre tratamientos, tanto en la altura de la planta y diámetro del tallo y en todos los momentos de evaluación, en tanto que, para un experimento en condiciones de campo el porcentaje de variación de los datos es adecuado $< 13\%$, el efecto de los tratamientos, similar a la investigación reportada por Hernández-Campos et al. (2024), quienes aplicaron ácidos húmicos en tres selecciones de maíz, y mencionan que la aplicación de ácidos húmicos favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, de igual manera Del Toro et al. (2022) manifiestan, que los residuos orgánicos aplicados al suelo influyen de manera positiva, debido a que proporcionan los nutrientes necesarios a las plantas. En ese contexto los ácidos húmicos tienen la capacidad de mejorar la estructura del suelo corrigiendo la permeabilidad del mismo, lo cual es esencial para un buen desarrollo de las plantas.

Tabla 2
Altura de planta y diámetro del tallo

TRATAMIENTOS	DOSIS / PARCELA	ALTURA DE PLANTA (cm)			DIÁMETRO DEL TALLO (cm)		
		15 días	30 días	45 días	15 días	30 días	45 días
T1: Ácidos húmicos	500cc/ha	14.25 a	18.53 ab	24.20 a	2.00 ab	2.05 ab	2.22 abc
T2: Ácidos húmicos+ fúlvico	600cc+300g/ha	14.53 ab	17.05 a	27.60 ab	1.65 a	1.65 a	1.86 a
T3: Ácidos húmicos	400cc/ha	14.23 a	17.85 ab	28.28 ab	1.62 a	1.66 a	1.84 a
T4: Ácidos fúlvicos	250g/ha	15.68 bc	19.43 ab	37.05 c	2.36 bc	2.47 b	2.69 bc
T5: Ácidos fúlvicos+húmicos	100g+75cc/ha	16.38 c	21.19 b	50.98 d	2.94 c	3.04 c	3.24 c
T6: Ácidos fúlvicos	150g/ha	15.49 abc	17.95 ab	32.63 bc	1.69 a	1.79 a	2.10 ab
T7: Testigo absoluto	0 kg/ha	14.28 a	16.50 a	27.20 a	1.63 a	1.70 a	1.87 a
Coef. variación%		3.66	8.99	6.72	12.51	11.78%	12.92
p-valor		0.0001	0.0157	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota: Letras diferentes señalan significancia estadística. Existe alta significancia ($p < 0.01$)

Días a la floración (%)

En el análisis de esta variable se demuestra que el tratamiento cinco (ácido fúlvico + ácido húmico), y el tratamiento cuatro (ácido fúlvico) obtuvieron la floración a los 27 días, mientras que el testigo fue a los 29 días, es decir, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$). Se obtuvo un coeficiente de variación mayor al 13% de la valoración de estudio, lo cual concuerda con Martínez-Scott y Ruiz (2018) quienes en su investigación denominada efecto de aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento marrón, no obtuvieron diferencias entre los tratamientos en los números de flores (Luna-Ortega et al., 2025).

Número de frutos

En relación con esta variable se logró determinar que, el tratamiento cinco con (ácido fúlvico y ácido húmico) se obtuvo un promedio de cinco frutos por planta, seguido por el tratamiento cuatro de (ácido fúlvico) con un promedio de cuatro frutos por planta, mientras que el testigo que fue de tres frutos por planta, es decir, hubo alta diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.01$), con un coeficiente de variación adecuado menor al 20%, se relaciona con la investigación de Corrales Sillo et al. (2023), quienes en su investigación efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento, donde observaron que la aplicación de abonos orgánicos estimulan la productividad debido a que mejora las condiciones físicas de los suelos, lo cual está relacionado con las fitohormonas, auxinas presentes en los abonos orgánicos.

Tabla 3
Días a la floración y número de frutos por planta

TRATAMIENTOS	DOSIS / PARCELA	DÍAS A LA FLORACIÓN (%)	NÚMERO DE FRUTO POR PLANTA (n)
T1:Ácidos húmicos	500cc/ha	31.25 a	3.20 ab
T2:Ácidos húmicos+ fúlvico	600cc+300g/ha	28.50 a	3.40 ab
T3:Ácidos húmicos	400cc/ha	31.50 a	2.83 a
T4:Ácidos fúlvicos	250g/ha	26.75 a	4.33 ab
T5:Ácidos fúlvicos+húmicos	100g+75cc/ha	26.75 a	4.88 ab
T6:Ácidos fúlvicos	150g/ha	27.00 a	4.05 ab
T7:Testigo absoluto	0 kg/ha	28.75 a	3.28 ab
Coef. variación%		13.56	19.77
p-valor		0.3962	0.0085

Nota: Letras diferentes señalan significancia estadística. Existe alta significancia ($p < 0.01$) y $p > 0.05$ no significativo.

Diámetro del fruto (cm)

De acuerdo con los promedios de esta variable se logró determinar que el tratamiento cinco con (ácido fúlvico + ácido húmico), fue de 5.12 cm diámetro, seguido por el tratamiento cuatro de (ácido fúlvico) con 5.05 cm, de diámetro y el testigo con 4.52 cm de diámetro, es decir, hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) en las diferentes evaluaciones realizadas, con un coeficiente de variación menor al 10% en las dos variables de estudio. Son similares con los datos reportados por Mezeyova et al. (2024) quienes mencionan que los tratamientos con los bioestimulantes a base de ácidos húmicos produjeron frutos con mejores diámetros, y que tuvieron rendimientos significativos hasta la tercera cosecha en los tratamientos aplicados.

Longitud del fruto (cm)

Se logró determinar que el tratamiento cinco con (ácido fúlvico + ácido húmico) fue de 12.41 cm hasta 12.49 cm, seguido por el tratamiento cuatro de (ácido fúlvico) que fue de 11.77 cm hasta 11.86 cm y el testigo que es de 10.17 cm hasta 10.37 cm de longitud, es decir, hubo diferencia significativa en los tratamientos, con un coeficiente de variación menor al 10% en las dos variables de estudio. Estos resultados, corroborados por Alcivar-Llivicura et al. (2021), sostienen que la longitud del fruto y la productividad mejoran con la aplicación de lixiviados de vermicompost porque la planta aprovecha los compuestos húmicos contenidos en los lixiviados. En ese sentido, las sustancias húmicas causan efectos positivos en las plantas permitiendo la captación de los macros y micronutrientes, es decir, constituyen una alternativa para una producción que sea amigable con el entorno.

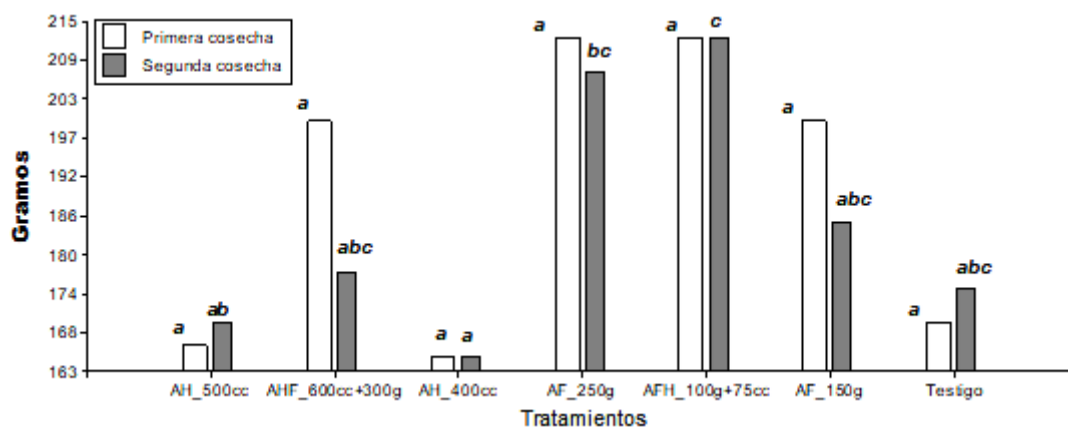
Tabla 4
Diámetro y longitud del fruto

TRATAMIENTOS	DOSIS / PARCELA	DIÁMETRO DEL FRUTO (cm)		LONGITUD DEL FRUTO (cm)	
		PRIMERA COSECHA	SEGUNDA COSECHA	PRIMERA COSECHA	SEGUNDA COSECHA
T1:Ácidos húmicos	500cc/ha	4.44 ab	4.44 ab	10.14 a	10.16 a
T2:Ácidos húmicos + fúlvico	600cc+300g/ha	4.59 ab	4.54 ab	10.69 ab	10.65 ab
T3:Ácidos húmicos	400cc/ha	4.10 a	4.07 a	9.90 a	9.89 a
T4:Ácidos fúlvicos	250g/ha	5.05 b	5.05 b	11.77 ab	11.86 b
T5:Ácidos fúlvicos + húmicos	100g+75cc/ha	5.12 b	5.12 b	12.41 b	12.49 b
T6:Ácidos fúlvicos	150g/ha	4.68 ab	4.68 ab	11.41 ab	11.25 ab
T7:Testigo absoluto	0 kg/ha	4.52 ab	4.52 ab	10.31 a	10.17 a
Coef. Variación %		7.19	7.18	7.64	7.83
p-valor		0.0060	0.0046	0.0035	0.0028

Nota: Letras diferentes señalan y $p < 0.01$ significancia estadística, un $p > 0.05$ indica que no existe significancia entre tratamientos.

Peso del fruto (g)

Figura 1
Peso del fruto durante dos cosechas



Nota: AH= ácido húmico. AHF=ácido húmico y fúlvico. AF= ácido fúlvico. AFH=ácido fúlvico y húmico.

En la evaluación de esta variable se determinó que el mejor tratamiento fue el cinco con (ácido fúlvico + ácido húmico) con 212.50 gramos, seguido por el tratamiento cuatro de (ácido fúlvico) tuvieron un peso de fruto 207.50 hasta 212.50 gramos, y el testigo con 167 hasta 170 gramos, es decir, que hubo diferencia significativa en las evaluaciones realizadas, con un coeficiente de variación entre 14 a 17% en las dos variables. Estos datos son consistentes con los reportados por Murillo-Cuevas et al. (2022) quienes en su investigación con bioestimulantes en la producción de chile habanero, señalan que los tratamientos con bioestimulantes orgánicos

produjeron frutos significativamente más grandes y pesados en relación al testigo (Massimi et al., 2023); es decir, que el uso de los ácidos húmicos propicia un aumento en el peso del fruto, debido que estos compuestos orgánicos estimulan de mejor manera la absorción de nutrientes del suelo, y de esta manera maximizan el tamaño, el número y la calidad del fruto.

Productividad (kg/Ha)

Con base al análisis estadístico de esta variable se observó que el tratamiento cinco (ácido fúlvico + ácido húmico) los rendimientos fueron de 1416.65 kg/ha, seguido por el tratamiento cuatro (ácido fúlvico) con un valor de 1399.99 kg/ha, mientras que el testigo alcanzó una productividad de 1149.98 kg/ha; por lo tanto, hubo diferencia significativa en los diferentes tratamientos, con un coeficiente de variación entre 17.43 hasta 9.03% en la variable de estudio. Estos datos son similares a los presentados por Rivera Ojeda et al. (2021) quienes indican que el nitrógeno proveniente de fuentes orgánicas incide de forma positiva en el rendimiento de la producción de pimiento. De la misma manera, Reyes-Pérez et al. (2022), sostienen que el ácido húmico incide de manera positiva en la productividad y con la obtención de frutos de buena calidad y excelente peso. Asimismo, Cedeño et al. (2020); Azeem et al. (2021) mencionan que el ácido húmico es una sustancia bioestimulante para el crecimiento de las plantas y, además, mejora la productividad; por lo tanto, Caballero et al. (2022) indican que el ácido húmico se transforma en una estrategia para mejorar el mejoramiento de la productividad agrícola, ya que estimula el crecimiento del sistema radicular, el metabolismo a la interacción con los microorganismos rizosféricos.

Análisis económico (b/c)

Para este análisis se consideró el precio comercial del fruto en ese momento, que era de 1.50 dólares cada kilo. Para determinar el beneficio de los tratamientos se empleó la fórmula beneficio/costo, la cual es una herramienta que permite comparar los flujos de ingresos netos con los costos económicos de un proyecto, para tener una visión clara de la eficiencia y la rentabilidad tal como lo mencionan Cavlin et al. (2024). En ese contexto, se estableció, que el tratamiento cinco (ácido fúlvicos + ácido húmico) presentó la mejor relación beneficio costo con 1.28 dólares, es decir, que por cada dólar invertido, se obtienen 0.28 centavos de dólar de ganancias, seguido por el tratamiento cuatro (ácido fúlvico) con un valor de 1.27 de dólar, donde, por cada dólar invertido, se obtiene 0.27 centavos de dólar de ganancia, alineándose con la investigación de Espinales Suárez et al. (2020) quienes sostienen que los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos con ácidos húmicos debido a las mayores concentraciones de micro y macro elementos presentes en el suelo. Asimismo, Chuquitarco et al. (2021) sostienen que los abonos orgánicos, permiten generar buena rentabilidad y sostenibilidad en la producción de pimiento, reduciendo los costos y mejorando la productividad a largo plazo y, además, mejoran las características biológicas del suelo, sin embargo, se debe destacar también los beneficios sociales por tener una hortaliza libre de químicos favoreciendo a la seguridad alimentaria de la población y, asimismo, de los beneficios ambientales como el mejoramiento de los ecosistemas del suelo.

Tabla 5
Productividad y relación costo/beneficio de los tratamientos

DESCRIPCIÓN	ÁCIDO HÚMICO (\$)	ÁCIDO HÚMICO + FÚLVICO (\$)	ÁCIDO HÚMICO (\$)	ÁCIDO FÚLVICO (\$)	ÁCIDO FÚLVICO + HÚMICO (\$)	ÁCIDO FÚLVICO (\$)	TESTIGO ABSOLUTO (\$)
Costos Directos	758.24	771.24	758.24	764.24	771.24	764.24	751.24
Preparación del terreno	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
Siembra	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Sistema de riego	162.52	162.52	162.52	162.52	162.52	162.52	162.52
Control de maleza	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44	7.44
Insecticida	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Fungicida	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
Fertilización	77.78	90.78	77.78	83.78	90.78	83.78	70.78
Cosecha	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Costos Indirectos	160.48	160.48	160.48	160.48	160.48	160.48	160.48
Alquiler del terreno	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Otros costos indirectos	60.48	60.48	60.48	60.48	60.48	60.48	60.48
Costo de producción/ha	918.72	931.72	918.72	924.72	931.72	924.72	911.72
Productividad kg/ha	1124.99	1258.32	1099.98	1399.99	1416.65	1283.32	1149.98
Precio de venta (kg)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
INGRESOS	1687.49	1887.48	1649.97	2099.99	2124.98	1924.98	1724.97
EGRESOS	918.72	931.72	918.72	924.72	931.72	924.72	911.72
Utilidad	768.77	955.76	731.25	1175.27	1193.26	1000.26	813.25
Relación B/C	0.84	1.03	0.80	1.27	1.28	1.08	0.89

Conclusiones

Los ácidos húmicos, constituyen moléculas orgánicas producto de la descomposición de la materia, estos ácidos son importantes para aumentar la capacidad de intercambio catiónico; por lo tanto, mejora la retención de líquido en el suelo y, de esta manera, se evita la pérdida de nutrientes.

Los ácidos fúlvicos, son moléculas de menor peso que les permite tener mejor solubilidad en agua y mayor capacidad de movimiento en el suelo. Se originan en la descomposición de plantas y microorganismos en el suelo. Los ácidos fúlvicos facilitan la absorción de los macronutrientes y micronutrientes, estimulan el desarrollo del sistema radicular y contribuyen con la mejora de la estructura del suelo.

El tratamiento con ácido fúlvico + ácido húmico, presentan efectos positivos al utilizarse como complemento de la fertilización edáfica, ya que son componentes esenciales de la materia

orgánica del suelo, puesto que mejora su estructura, la retención del agua y una correcta disponibilidad de los nutrientes, por tal razón, mejoró la altura de la planta, el diámetro de tallo, la longitud y peso de fruto, la productividad en el cultivo de pimiento.

El análisis de la relación beneficio/costo, es una herramienta muy importante en la evaluación económica de este trabajo de investigación, ya que permite no solo realizar la comparación de los beneficios y costos económicos incurridos en el proyecto, sino también, cómo los beneficios sociales y ambientales pueden contribuir a la sociedad.

Reconocimientos y Declaraciones

Los autores agradecen a la familia Morán Manzaba, propietarios de la finca “El Silencio”, en el recinto San Vicente perteneciente al cantón Palestina, sitio donde se realizó la investigación experimental.

Los autores declaran que la contribución y participación se la realizó en forma equitativa para esta publicación.

Los autores declaran también el no uso de inteligencia artificial para la redacción del artículo.

Referencias

- Alarcón-Zayas, A., Barreiro-Elorza, P., Boicet-Fabré, T., Ramos-Escalona, M., & Morales-León, J. Á. (2018). Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. *Revista Cubana Química*, 30(2), 2224-5421. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200006
- Alcivar-Llivicura, M. F., Vera-Rodríguez, J. H., Arévalo Serrano, O. J., Arévalo S., B. D., Pachar O, L. E., Castillo R, C. B., Carlosama M, L. K., Arizabal C., J. A., & Paltán M, N. D. (2021). Aplicación de lixiviados de vermicompost y respuesta agronómica de dos variedades de pimiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 13(1), e793. DOI: 10.24188/recia.v13.n1.2021.793. <https://www.redalyc.org/journal/5958/595868404007/595868404007.pdf>
- Ayón, F., Veliz, D., & Gabriel, J. (2017). El caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) y su respuesta a la aplicación de ácidos húmicos (AH's) en el cantón Jipijapa en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 5(1), 4-14. DOI: 10.36610/j.jsab.2017.050100004. <https://jsab.sars.org.bo/index.php/a/es/article/view/173>
- Azeem, K., Naz, F., Jalal, A., Galindo, F. S., Teixeira Filho, M. C. M., & Khalil, F. (2021). Humic acid and nitrogen dose application in corn crop under alkaline soil conditions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(10), 657-663. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v25n10p657-663. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/QbwcST4gvqpPqzrfpjprnyf/?format=pdf&lang=en>
- Caballero Castaño, M., Valero Valero, N., & Pantoja Guerra, M. (2022). Posibilidades de bioestimulación con ácidos húmicos en plantas utilizadas para fitorremediación. *Revista de investigación interdisciplinar en biodiversidad y desarrollo sostenible; Ciencia e Ingeniería*, 9(1), e6723403. DOI: 10.5281/zenodo.6723403. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8742489>
- Campi-Liuba, R., Carrera-Andrade, J., Calixto-Gutiérrez, B., Andrade-Mendoza, D., y Sánchez-Zorrilla, D. (2025). Desempeño productivo y fisiológico del pimiento (*Capsicum annum* L.) influenciado por biofertilizantes orgánicos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 9(2), 8485-8496. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17579

- Cavlin, M., Dmitrovic, V., & Majstorovic, A. (2024). Cost-benefit analysis in the function of controlling sustainable investments. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 7(4), 1148-1157. [https://www.fimek.edu.rs/downloads/casopisi/jatem/issue/v7_4/3_\(3\)_J_Agron_Technol_Eng_Manag_2024_7\(4\),_1148-1157._httpsdoi.org10.55817AFQF5722.pdf](https://www.fimek.edu.rs/downloads/casopisi/jatem/issue/v7_4/3_(3)_J_Agron_Technol_Eng_Manag_2024_7(4),_1148-1157._httpsdoi.org10.55817AFQF5722.pdf)
- Cedeño Solórzano, C., Torres García, A., & Héctor Ardisana, E. F. (2020). Respuestas de crecimiento, contenido de clorofila y rendimiento a la aplicación de lixiviado de vermicompost de estiércol bovino en el pimiento (*Capsicum annuum* L. híbrido Quetzal) Growth. *Revista de las Agrociencias, La Técnica*. DOI: 10.33936/la_tecnica.v0i0.2264. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/2264>
- Corrales Sillo, E., Vásquez Montufar, G., Reyes Bermeo, M., & Espinoza Coronel, A. (2023). Use of organic fertilizers in the production of *Capsicum annuum* L. in the western mountain range of the Andes. *Revista Centro Sur* 1(19), 24-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9155603>
- Chuquitarco Esmeraldas, V. A., Raura Rodríguez, J. L., Gavilánez Buñay, T. C., & Luna Murillo, R. A. (2021). Experiencias productivas con pimiento (*Capsicum annuum* L.) con abonos orgánicos en el subtrópico del Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinar Ciencia Latina*, 5(4), 4311-4321. DOI: 10.37811/cl_rem.v5i4.622. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/622>
- Cobeña-Montes, Y., Torres-García, A., Héctor-Ardisana, E. F., Fosado-Téllez, O., & León-Aguilar, R. (2022). Efectos de bioestimulantes en las clorofilas y el número de hojas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones semiprotegidas. *Revista de las Agrociencias: La Técnica. Edición Especial*, 15-26. DOI: 10.33936/la_tecnica.v0i0.4096. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8393258>
- Corrales Sillo, E., Vásquez Montufar, G., Reyes Bermeo, M., & Espinoza Coronel, A. (2023). Use of organic fertilizers in the production of *Capsicum annuum* L. in the western mountain range of the Andes. *Revista Centro Sur* 1(19), 24-37. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9155603>
- Del Toro, M., Paneque, P., Gómez, I., Parrado, J., & Tejada, M. (2022). Aplicación de distintas formas de materia orgánica en un cultivo de pimiento desarrollado en suelo. *Revista de Ciencias Agrarias SCAP Sociedad de Ciências Agrárias de Portugal*, 45(4), 206-210. DOI: 10.19084/rca.28403. <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/28403>
- Espinales Suárez, H. O., Espinoza Coronel, A. L., & Arias Montes, R. A. (2020). Cultivos de pimiento con la aplicación de abonos orgánicos foliares y edáficos. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista*, 2(1), 6. <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/dateh/article/view/737>
- Figuerola Cares, I. E., Martínez Damián, M. T., Rodríguez Pérez, J. E., Cruz Álvarez, O., Beryl Colinas León, M. T., Valle Guadarrama, S., & Ramírez Ramírez, S. (2015). Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (*Capsicum annuum* L.). *Revista Interciencia*, 40(10), 696-703. <http://www.redalyc.org/pdf/339/33941643008.pdf>
- Hernández-Campos, R., Robles, C., Calderín-García, A., Castañeda-Hidalgo, E., Muñiz-Becerra, S., & Pérez-Alvares, S. (2024). Ácidos húmicos inducen crecimiento y protección contra el estrés hídrico en maíces nativos de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 11(1). e3947. DOI: 10.19136/era.a11n1.3947. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282024000100010&lng=es&nrm=iso
- Jindo, K., Lopes Olivares, F., da Paixao Malcher, D. J., Sánchez-Monedero, M. A., Kempenaar, C., & Pasqualoto Canellas, L. (2020). From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol Agent. *Journals Frontiers in Plant Science*, 11, 426. DOI: 10.3389/fpls.2020.0042. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.0042/full#share>
- López-Nataret, A. A., Matías-Pérez, D., Sánchez-Medina, M. A., & García-Montalvo, I. A. (2022). Evaluación de la microencapsulación de ácidos húmicos y fúlvicos para ser empleados en la fertilización de liberación controlada para plantas de ornato con alto valor comercial. *Journal of Negative and No Positive Results JONNPR*, 7(3), 298-316. DOI: 10.19230/jonnpr.4672. <https://scielo.isciii.es/pdf/jonnpr/v7n3/2529-850X-jonnpr-7-03-298.pdf>

- López-salazar, R., & Sánchez-Bernal, F., Lozano-Cavazos, C., Benavides-Mendoza, A., & González-Fuentes, J. (2019). Effect of an iron fulvate on quality and production of Serrano chili fruits. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 10(6), 1367-1378. DOI: 10.29312/remexca.v10i6.1779. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000601367&script=sci_arttext&tlng=en
- Luna-Ortega, J. G.; Ramos-Hernández, J. A.; Gallegos-Robles, M. Á.; Zuñiga-Gracia, D. A.; Márquez-Mendoza, J. I.; García-Carrillo, M. & González-Torres, A. (2025). Evaluación del Crecimiento y Rendimiento de Pimiento Morrón en dos Sitios de Producción con Fertilizantes Orgánicos. *Terra Latinoamericana*, 43, 1-10. e2061. DOI: 10.28940/terra.v43i.2061. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v43/2395-8030-tl-43-e2061.pdf>
- Mancilla Villa, O. R., Hernández Vargas, O., Manuel Cortez, J. C., Chávez Chávez, J. A., Castillo Álvarez, E. A., Guevara Gutiérrez, R. D., Huerta Olague, J. de J., Can Chulim, Á., Ortega Escobar, H. M., & Sánchez Bernal, E. I. (2020). Rentabilidad en maíz (*Zea mays* L.) y Chile (*Capsicum annuum* L.) con manejo convencional y alternativo en Autlán, Jalisco. *Idesia (Arica)*, 38(3), 33-42. DOI:10.4067/S0718-34292020000300033 . https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid
- Martínez de la Cruz, S., González-Fuentes, J., Robledo-Olivo, A., Mendoza-Villareal, R., Hernández-Pérez, A., y Dávila-Medina, M. (2025). Efecto de la aplicación de sustancias húmicas y rizobacterias en fruto de frambuesa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 16(1), México, ME:e3191. <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i1.3191>
- Martínez-Scott, M. M., & Ruiz Hernández, J. (2018). Efecto de la aplicación de lixiviados de lombriz y ácidos húmicos en la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* var. Annumm). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 5(15). <https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/>
- Massimi, M.; Radócz, L.; Csótó, A. (2023) Impact of Organic Acids and Biological Treatments in Foliar Nutrition on Tomato and Pepper Plants. *Horticulturae*, 9(3), 413. DOI: 10.3390/horticulturae9030413. <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/3/413>
- Mezeyova, I., Kollarova, I., Golian, M., Árvary, J., Mezey, J., Slosar, M., Galovicova, L., Rosa, R., Bakalar, M., & Horecna, T. (2024). The effect of humic-based biostimulants on the yield and quality parameters of chili peppers. *Horticulturae* 10, 998. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090998>
- Mujica Pérez, Y., Dell'Amico Rodríguez, J. M., & Fernández Suárez, K. (2018). Evaluación de la infectividad de *Glomus cubense* en formulación líquida sometida a diferentes presiones hidrostáticas. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 86-90. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n4/ctr12418.pdf>
- Murillo-Cuevas, F., Cabrera-Mireles, H., Adame-García, J., Vásquez-Hernández, A., Martínez-García, A., y Luria Moctezuma, R. (2021). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 12(8). <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2900>
- Ortega, J., Erazo, E., Vera, R., Narváez, W., & Castro, C. (2022). Selección de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) para Puerto La Boca, Ecuador. UNESUM-Ciencias, *Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(2), 63-72. DOI: 10.47230/unsum-ciencias.v6.n2.2022.628. <https://revistas.unsum.edu.ec/index.php/unsumciencias/article/view/628>
- Pedroso-Rodríguez, I., González-Sáez, L. Y., Luis-Orozco, J., Pérez-Martínez, L., Vandecasteele, C., & Van Caneghem, J. (2022). Extraction yield of humic substances from organic materials. *DYNA (Colombia)*, 89(223), 107-113. DOI: 10.15446/dyna.v89n223.101666. <https://www.redalyc.org/journal/>
- Pineda-Cotrino, M. N., Ramírez-Rojas, C. G., Pineda-Reyes, L. E., Gonzales-Medina, H. K., Zenobio-Tolentino, Y. Y., Rimac-Torres, O. F., Agurto-Isidro, J. A., & Arone-Gaspar, G. J. (2022). Efecto de aplicaciones de ácidos húmicos, microorganismos eficaces y *Trichoderma asperellum*, *T. viride* y *T. harzianum* en *Capsicum annuum*. *QuantUNAB*, 1(1), e12. DOI: 10.52807/qunab.v1i1.12. <https://revistas.unab.edu.pe/index.php/qunab/article/view/12/53>
- Preciado-Rangel, P., Murillo-Amador, B., Hernández-Montiel, L. G., Espinosa-Palomeque, B., Parra-Terraza, S., y Rivas-García, T. (2024). Interacción conductividad eléctrica y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad nutracéutica de frutos de *Capsicum annuum* L. cv. *Arista*. 36(1), 71-84. DOI: 10.51372/bioagro361.7. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/4662>

- Quiñonez Bustos, J., Tandazo-Garcés, J., & Arias Minda, J. (2020). Producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) mediante la aplicación de abonos orgánicos. *Journal of Science and Research*, 5(3), 42-48. Doi: [org/10.5281/zenodo.3926919](https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/887/649). <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/887/649>
- Reyes-Pérez, J. J., Llerena-Ramos, L. T., Rivero-Herrada, M., Pincay-Ganchozo, R. A., Hernández-Montiel, L. G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2022). Efectividad agrobiológica de quitosano, ácidos húmicos y hongos micorrízicos en dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana*, 40, 1-10. DOI: 10.28940/TERRA.V40I0.1078. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792022000100706
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. de J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Revista Terra Latinoamericana*, 39, 1-13. DOI: 10.28940/terra.v39i0.833. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100128
- Rivera Ojeda, W. B., Ortiz Herrera, C. M., García Batista, R. M., & Rodríguez Delgado, I. (2021). Influencia de la fertilización nitrogenada en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 51-60. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/297/297>
- Rodríguez-Fernández, P. A., Álvarez-Arcaya, M. V., & Batista-Enamorado, I. (2020). Impacto del estiércol ovino y del lixiviado de humus de lombriz en indicadores del crecimiento y productividad en el cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L.). *Revista Ciencia en su PC*, 1, 46-59. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107009/html/>
- Targino, V. A., Lopes, A. S., Sousa, V. F. D. O., Henschel, J. M., da Silva, J. H. B., Rodrigues, L. S., de Medeiros, W. J. F., Batista, D. S., & Dias, T. J. (2023). Growth and physiology of 'Sunrise' papaya seedlings in response to salinity and humic acid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 27(5), 352-358. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p352-358. <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/bkXXLr8rJKwWtbpf6T4YsBb/?format=html&lang=en#>
- Terry Alfonso, E., Ruiz Padrón, J., Rivera Espinosa, R., Falcón Rodríguez, A., y Carrillo Sosa, Y. (2021). Bioproductos como sustitutos parciales de la nutrición mineral del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Acta Agronómica*. 70(3), 266-273. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.86626>
- Ye, L., Zhao, X., Bao, E., Li, J., Zou, Z., & Cao, K. (2020). Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. *Scientific Reports*, 10, 177. DOI: 10.1038/s41598-019-56954-2. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-56954-2.pdf>

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 Editor Asociado 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 los 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:

1. Aceptar el artículo como está
2. Aceptar con revisiones menores
3. Necesita revisiones mayores
4. Rechazar

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.

Una vez recibidas las valoraciones, la decisión final sobre la publicación de un manuscrito será tomada por el editor asignado de la *Revista Tecnológica Espol - RTE®*.

El proceso de revisión, desde el momento del depósito del manuscrito a través del OJS hasta la finalización de las revisiones ocupa un tiempo promedio de 6-8 semanas, salvo ciertas excepciones.

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 la *Revista Tecnológica Espol - RTE®* mantiene una licencia de contenidos digitales otorgada por Creative Commons.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

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 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. 38, Núm. E1

Edición Especial: Track Técnico TICEC 2026

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 28 de junio de 2026
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 10 de agosto de 2026
- iii. Publicación del volumen: 14 de octubre de 2026

Más información: <https://rte.espol.edu.ec/public/site/special-issue-ticec-2026-es.pdf>

PROGRAMACIÓN

Vol. 38, Núm. 2

Volumen Abierto Semestral

- i. Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de septiembre de 2026
- ii. Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2026
- iii. Publicación del volumen: diciembre de 2026

Próximos Volúmenes

PROGRAMACIÓN

Vol. 39, Núm. 1

Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de abril de 2027*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de mayo de 2027*
- iii. *Publicación del volumen: junio de 2027*

PROGRAMACIÓN

Vol. 39, Núm. 2

Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de septiembre de 2027*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2027*
- iii. *Publicación del volumen: diciembre de 2027*

PROGRAMACIÓN

Vol. 40, Núm. 1

Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de abril de 2028*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de mayo de 2028*
- iii. *Publicación del volumen: junio de 2028*

PROGRAMACIÓN

Vol. 40, Núm. 2

Volumen Abierto Semestral

- i. *Convocatoria abierta: envío de artículos hasta el 15 de septiembre de 2028*
- ii. *Notificación de artículos seleccionados después de revisión por pares ciegos: hasta el 30 de noviembre de 2028*
- iii. *Publicación del volumen: diciembre de 2028*



“Los logros de la Revista Tecnológica ESPOL - RTE® son el resultado de nuestro trabajo en equipo, colaboración sincera y compromiso con la sociedad, por eso, alcanzamos estándares de excelencia que reflejan lo mejor de nosotros y fortalecen lo que construimos juntos”.

Katherine A. Salvador Cisneros , Ph.D.
Directora Ejecutiva Editorial
Revista Tecnológica ESPOL - RTE



rte.espol.edu.ec



@rte.espol



@rte_espol



@EspolRte



Revista RTE ESPOL



DOAJ

e-revist@s

Scopus®

publons

Google Scholar

latindex
catálogo

REDIB

AmeliCA

OpenAlex

Crossref

RERCIE
Red de Estudios y Recursos Científicos

MIAR

ROAD

INDEX
COPERNICUS