

4º ENCUENTRO de Ingeniería, Innovación y Sostenibilidad

Investigación y tecnología educativa

Evento satélite de LACLO



MEMORIAS



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

ISSN: 3028-3213 (Recurso electrónico en línea)

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida de manera alguna sin previo permiso de sus autores.

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151, El Poblado – Antioquia

Código postal: 050022

Canal anticorrupción: denuncias@elpoli.edu.co

NIT: 890980136-6

Numero de edición: 03

Año y mes: Febrero del 2026

Ciudad: Medellín

Periodicidad: Anual

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

COMITÉ ORGANIZADOR

DECANA FACULTAD DE INGENIERIA

Olga Lucia Henao Pardo

Adriana Xiomara Reyes Gamboa
Doctora en Ingeniería

Diana Cristina Guzmán Corredor
Magister en Sostenibilidad y Eficiencia Energética

Gladys Helena Vásquez Echavarría
Magister en Gestión de Tecnologías de la Información

Julián Andrés Lenis Rodas
Doctor en Ingeniería de Materiales

Henry Omar Sarmiento Maldonado
Doctor en Ingeniería Electrónica

Hernando Recaman Chaux
Magister en Ingeniería

Victoria Elena Meza Ochoa
Doctora en Geotecnia

Ana Catalina Jaramillo Rojas
Magister en Ingeniería

COMITÉ EDITORIAL

Silvana Bolaños Chavarría
Doctora en Ingeniería Ambiental

Diana Cristina Guzmán Corredor
Magister en Sostenibilidad y Eficiencia Energética

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





TABLA DE CONTENIDO

Prólogo.....	1
PONENCIAS	2
Peligros Laborales de Campesinos Informales en el Valle de San Nicolás	3
Análisis del riesgo de inundaciones sobre infraestructura identificada mediante clasificaciones de imágenes satelitales, índices y el Global Surface Water e implicaciones en la salud pública de estos sucesos para zonas del departamento de Antioquia – Colombia.....	7
Metodología para el análisis multitemporal de dinámicas hidráulicas usando imágenes satelitales de radar para el caso de estudio del Bajo Cauca antioqueño en Colombia	12
Contaminación por tráfico vehicular y morbilidad: resultados de la exposición a largo plazo en la cohorte MEDELLÍN, 2009-2021	17
Evaluación de remociones de gases de efecto invernadero en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	34
Pirólisis de residuos agroindustriales de banano como estrategia sostenible en el Urabá Antioqueño bajo el esquema de una biorrefinería termoquímica apoyado en simulación computacional	40
Caracterización Holística del Desempeño de SLAM Visual-Inercial mediante Diseño de Experimentos (DoE)	47
Framework replicable de agricultura de precisión tropical basado en un sistema multisensorial inteligente con visión artificial y Edge Computing para la detección temprana de estrés vegetal en cultivos de banano	52
Determinantes de la Innovación Sostenible y Desarrollo de una Metodología para su Medición en el Contexto Empresarial Colombiano	60
LACLO.....	66
In-service training in Computational Thinking: MOOC Course Experiences.....	67
Analysis of Online Education from the perspective of undergraduate students of Computer Science and Computing Engineering and reflections on Blended Learning	79
Contributions of Assistive Technologies to Inclusive Education in Specialized Educational Assistance: A Systematic Literature Review	93
Fostering Student Engagement through Integrative Encounters in Distance Undergraduate Education	102
GAIA-SGD: A Framework for using Generative AI in Accessible Serious Games Design	107
LAB_Iê – Um ecossistema para promover a aprendizagem colaborativa mediada por tecnologias	116
Teaching Carboxylic Acids in Youth and Adult Education: An Experience Report of Supervised Internship I.....	124
Adaptación del plugin H5P de Moodle como herramienta gamificada para recolección de datos	132
Serious Game focused on reinforcing STEAM skills with knowledge of basic arithmetic operations	138
AI-Driven assessment monitoring and personalized feedback system for higher education.....	147



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Designing Tools to Assess Environmental Perception Among Basic Education Students: usability evaluation.....	152
Immersive Environments and the Teaching of History. The University City of Caracas Project.	160
Unplugged Artificial Intelligence as a Strategy for Disseminating Educational Content in Remote and Unconnected Areas	166
(Not) another MOOC for learning computer programming with Python	171
Diseño de Sistema de Deep Learning para la identificación de especies de flora bogotana como estrategia de aprendizaje móvil	180
The Labyrinth: Balancing Fun and Learning in the Adaptation of an Open-Source Digital Game for Teaching Programming Fundamentals.....	188
From Play to Code: Teaching Foundational Web Programming with a 3D Educational Game Using KSA Matrix and TDD.....	197
Strategies involving ICT and CBL to explore the family domain during psychological interviews	207
Collaborative Framework for Digital Transformation in Higher Education Institutions: Conceptual Proposal and Validation	216
Teachers' Perceptions of Linguistics Needs in Mexican University Students: An Exploratory Study to Create Open Educational Resources	224

POSTERS.....232

Análisis de la vulnerabilidad sísmica del bloque P19 del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	233
Evaluación de la capacidad de soporte hídrico ante los cambios en el uso del suelo y la demanda, en la vía el Carmen de Viboral El Santuario.....	234
Estrategia de economía circular para plásticos generados en la sede Medellín del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.....	235
Ambientes Inmersivos de Aprendizaje.....	236
Adaptación del modelo ADDIE para la optimización del proceso de gestión y producción de cursos virtuales: Un estudio de caso en el Tecnológico de Antioquia	237
Innovación Sostenible y Competitividad Organizacional: Un Análisis Comparativo Latinoamericano	238
Modelo de gestión de capacidades tecnológicas para fortalecer la transferencia tecnológica derivada de los procesos de investigación en instituciones de educación superior en Colombia: Estudio de caso comparativo en Bogotá y Medellín.	239
Sistema inteligente multicriterio para la evaluación y priorización de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones institucionales de Bogotá.	240
Aplicación de la inteligencia artificial para la optimización de la gestión de cuentas por cobrar	241
Obtención de metales de alto valor de chatarra electrónica, mediante metalurgia extractiva.....	242
Análisis estadístico y exploratorio de un conjunto de datos para la predicción de la deserción estudiantil con Inteligencia Artificial	243

PROYECTOS DE AULA.....244

Plataforma de Salud Comunitaria para Zonas Rurales: MIRURAL.....	245
FINDER: Plataforma para el control financiero en negocios dropshipping	246





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Diario Emocional: Aplicación NEURA.	247
Sistema Web para la Gestión Automática de Liquidaciones	248
ECCLOSET	249
Sistema IOT para la detección temprana de erosión del suelo en zonas agrícolas y ambientales del Valle de Aburrá	250
NODO: Plataforma digital para la conexión entre clientes y trabajadores en Urabá.....	251
CALCULUZ.....	252
Detector de tumores por resonancias magnéticas	253
Plataforma para comercialización de productos	254
Realidad virtual inmersiva como herramienta para prácticas en laboratorios de química	255
Aplicación móvil para la gestión de las finanzas personales	256
Predictive system for occupational accident prevention.....	257
Sistema de detección temprana de cáncer de piel mediante inteligencia artificial	258
FOODLINK	259
Sistema de gestión del ciclo agrícola.....	260
COLABCLASS	261





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Prólogo

El Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid presenta con orgullo las memorias del 4.º Encuentro de Ingeniería, Innovación y Sostenibilidad, realizado los días 7 y 8 de noviembre de 2025, un espacio académico concebido para fomentar el diálogo, la reflexión crítica y la divulgación de experiencias significativas en torno a la ingeniería, la investigación, la tecnología y la educación.

En esta cuarta edición, el Encuentro adquiere una relevancia especial al consolidarse como evento satélite del Congreso Internacional LACLO, uno de los escenarios más reconocidos en América Latina para la discusión sobre tecnologías aplicadas al aprendizaje y la educación. Esta articulación fortalece su proyección regional y su vinculación con redes internacionales de conocimiento, ampliando las posibilidades de intercambio académico y cooperación interinstitucional.

El enfoque 2025 propuso una mirada transversal e integradora sobre el impacto de la investigación y la tecnología en los procesos educativos, superando las divisiones tradicionales por áreas temáticas y promoviendo una visión colaborativa y transformadora. Bajo esta perspectiva, el Encuentro convocó a docentes, investigadores, estudiantes, gestores académicos y profesionales, interesados en la innovación educativa y el desarrollo tecnológico como motores del cambio social y productivo.

Los objetivos del evento se orientaron a generar un espacio de interacción entre academia y sector empresarial, propicio para compartir conocimientos, experiencias y avances tecnológicos en ingeniería, innovación y sostenibilidad. Asimismo, se buscó transferir resultados de investigación e innovación mediante una discusión constructiva que impulsara propuestas prácticas, iniciativas de I+D+i y soluciones a problemáticas actuales del contexto ingenieril.

El Encuentro se desarrolló en modalidad presencial, de manera gratuita y con cupos limitados, en la sede Medellín del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. La agenda académica incluyó ponencias magistrales nacionales e internacionales, ponencias técnicas empresariales, exposición de pósteres, proyectos de aula, jornadas lúdico-académicas y un panel de expertos, ofreciendo una visión amplia y actualizada de las tendencias globales en el campo.

Las memorias que aquí se presentan recogen las contribuciones más relevantes de este encuentro, constituyéndose en un insumo valioso para la comunidad académica y profesional. Estas páginas reflejan el compromiso de la Facultad de Ingeniería con la generación y apropiación social del conocimiento, así como con la consolidación de espacios de cooperación y construcción colectiva orientados al desarrollo sostenible.

Facultad de Ingeniería
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Medellín, 2025





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

PONENCIAS





Peligros Laborales de Campesinos Informales en el Valle de San Nicolás

Jonathan Osorio-Vasco¹, Diego León Sepúlveda Mejía¹, Gladys Helena Vásquez¹, Valentina Jiménez Ceballos²

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Carrera 48 No. 7-151, El Poblado - Colombia
jonathanosorio@elpoli.edu.com

²Grupo de Investigación y Desarrollo en Ergonomía – ERGOYES, Medellín Colombia.

Resumen. El presente estudio describe los principales peligros laborales a los que están expuestos los campesinos informales del Valle de San Nicolás, subregión del Oriente antioqueño caracterizada por su relevancia agrícola y altos índices de informalidad laboral. Se realizó un estudio descriptivo transversal con 26 participantes de los municipios de San Vicente Ferrer y La Unión. Los datos se recolectaron mediante un cuestionario validado que incluyó variables sociodemográficas, condiciones de trabajo, factores de riesgo y autopercepción de salud osteomuscular. Los resultados muestran que el 65,38 % de los participantes son hombres, con un promedio de edad de 42 años y bajos niveles de escolaridad. El 50% percibe ingresos inferiores a un salario mínimo y el 84,5 % trabaja entre 8 y 12 horas diarias. En cuanto a los peligros laborales, el 73,1 % manipula sustancias químicas, el 100 % realiza movimientos repetitivos y el 88,5 % permanece de pie durante la jornada. Se concluye que las condiciones de trabajo de los campesinos informales implican una alta exposición a riesgos químicos, posturales y biomecánicos, lo cual demanda la gestión de políticas públicas y programas de salud laboral orientados a la prevención y promoción del trabajo rural digno y decente.

Palabras clave: Sector informal, Condiciones de Trabajo, Seguridad en el Trabajo, Riesgos Laborales, Agricultores.

1. Introducción

El Oriente Antioqueño es una zona conformada por 23 municipios. Está distribuida geográficamente en cuatro zonas: Altiplano, Bosques, Embalses y Páramo. Adicionalmente, por sus actividades económicas ha sido llamada como la despensa agrícola de Antioquia [1]. La zona del Altiplano se ha conocido como El Valle de San Nicolás (VSN), el cual se ubica hacia el oriente del municipio de Medellín y está conformado por los siguientes nueve municipios: El Carmen del Viboral, El Retiro, La Ceja del Tambo, La Unión, El Santuario, Guarne, Marinilla, Rionegro y San Vicente Ferrer [2].

Para el año 2021, la Cámara de Comercio de Medellín indicó que el VSN aportó con el 66.33% del PIB del departamento de Antioquia [3]. Sin embargo, a pesar del crecimiento económico de la subregión durante la última década, evidencia que las actividades económicas productivas y laborales predominantes en la subregión son: la industria manufacturera, las actividades inmobiliarias y los servicios profesionales; esto ha llevado a relegar las actividades agroindustriales a quinto y sexto lugar de la economía y la generación de empleo [3, 4], limitando el acceso al trabajo digno y formal de los campesinos en la región.

La actual transformación de la economía del VSN y las nuevas dinámicas socioculturales de la región, ha ido generando la exclusión de los trabajadores campesinos del desarrollo de la subregión [5]. Algunas unidades productivas formales que se han mantenido carecen de formalidad dentro de una organización empresarial e industrial agrícola, siendo solo el 4.1% de la estructura empresarial del Oriente; por otro lado, hacia el año 2021 se identificaron 110 unidades agrícolas como microempresas, siendo el 14,8% de este sector [4, 6]. La tendencia

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

actual de la empleabilidad campesina en la región es hacia el cultivo de flores, dejando a un lado la producción agrícola de alimentos. Por lo tanto, el trabajo agrícola de producción de alimentos en la región principal- mente se viene desarrollando de manera informal [7], especialmente en unidades productivas propias de los campesinos, o bajo alquiler de tierras.

La tendencia de vinculación laboral de los campesinos en Colombia está principal- mente en el rango de la informalidad. En 2018 se conoció un informe que indicó que el 82% de los campesinos en Colombia no tienen empleos formales, con un indicador de ocho de cada diez trabajadores campesinos son informales [7]. Otro reporte indica para 2021 que, de 5 millones de campesinos en Colombia, el 85% trabaja de manera informal y a su vez el 75% de ellos obtiene salarios por debajo del mínimo legal [8].

Bajo el contexto de la informalidad, el trabajador campesino es igual de vulnerable a los peligros laborales o relacionados con su labor como cualquier otro trabajador dentro de una forma de trabajo formal. Es común que los campesinos informales estén expuestos a: sustancias químicas, posturas corporales mantenidas y continuas, movimientos repetitivos, manejo de herramientas manuales y mecanizadas, entre otros. A pesar de esto, existe limitada información en el marco de investigación científica sobre los peligros a los que se exponen los campesinos informales durante la producción agrícola.

Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo describir algunos de los peligros laborales a los que están expuestos los campesinos trabajadores informales del VSN. Este trabajo es derivado del proyecto de investigación condiciones de producción y laborales de la población campesina informal en el Valle de San Nicolás. A continuación, se presentan los resultados parciales de la investigación, con relación a los peligros laborales identificados en campesinos informales de cinco municipios del VSN.

2. Metodología

Se realizó un estudio con diseño descriptivo transversal. Los registros fueron tomados directamente en los cultivos donde trabajaban campesinos informales. Hasta ahora, se han tomado registros en los municipios: San Vicente Ferrer, La Unión. Los campesinos trabajadores informales debían estar presentes el día de la recolección de datos; debían ser mayores de edad y firmar el consentimiento informado para la participación del estudio.

Para la descripción de los peligros laborales, se desarrolló un cuestionario en las siguientes etapas: revisión bibliográfica, selección de las variables de estudio, validación del cuestionario por expertos, prueba piloto, y ajuste del cuestionario. El cuestionario tuvo 4 variables generales: caracterización sociodemográfica, condiciones de trabajo, factores de riesgo y auto reporte de salud osteomuscular.

La aplicación del cuestionario se realizó con cada uno de los campesinos trabajadores informales que quisieron participar de la investigación. La aplicación del cuestionario duró alrededor de 20 minutos. Durante este tiempo, cada participante respondió las preguntas del cuestionario a través de una charla. La aplicación del cuestionario se llevó a cabo con el apoyo de los estudiantes del semillero de Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo ISYST. Los datos fueron procesados a través del software estadístico PSPP.

3. Resultados

Hasta la fecha, se han registrado las respuestas de 26 participantes de los municipios San Vicente Ferrer y La Unión. El cuestionario fue respondido por 17 hombres (65.38%) y por 9 mujeres (34.62%). El promedio de edad de los participantes fue de 42 años (DE 14.02 años), el peso promedio de los participantes es de 60.31 Kg (de 19.85 Kg), la talla promedio de los participantes es de 152.69 cm (de 45.60 cm) y el tiempo promedio de trabajo como campesino es de 237.46 meses (de 195.76 meses). El 53.8% de los campesinos estudió hasta la primaria y el 34.6% lograron estudios de secundaria, solo el 7.7% de los campesinos tiene estudios de pregrado. Por otro lado, los ingresos mensuales son menores de un salario mínimo en un 50% y entre uno y dos salarios

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

mínimos reciben ingresos en un 46.2%. Lo campesinos informales, se desempeñaron principalmente en trabajo agrícola y tienen jornadas de trabajo fija en un 65.1% y trabajan en jornada mixta (mañana y tarde) en un 88.5% y en un 84,5% la jornada de trabajo es entre las 8 y las 12 horas.

Con relación a la exposición a los peligros laborales de los campesinos informales, se encontró que en un 73.1% se exponen al manejo de sustancias químicas como plaguicidas, pesticidas y/o fungicidas; también están expuestos biomecánicamente a movimientos repetitivos en un 100%; la postura más común entre los participantes es estar en postura de pie en un 88.5%; la superficie más común es la resbaladiza con un 65.4% y el lugar de trabajo más común es el trabajo a la intemperie con un 53.8%. Los demás resultados pueden verse en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los peligros laborales de los campesinos informales

VARIABLE	ÍTEM	Respuestas (%)	
		SI	NO
Uso de Sustancias Químicas	Plaguicidas, pesticidas y/o fungicidas	73,1	26,9
Biomecánico	Realiza Esfuerzos Físicos	57,7	42,3
	Movimientos repetitivos	100	0
Postura	Postura agachada	73,1	26,9
	Postura rodillas	50	50
	Postura cuclillas	46,2	53,8
	Postura de pie	88,5	11,5
	Postura sentada	46,2	53,8
Superficie de trabajo	Superficie de trabajo estable	23,1	76,9
	Superficie de trabajo resbaladiza	65,4	34,6
	Superficie de trabajo irregular	53,8	46,2
Lugar de trabajo	Trabajo a la intemperie	53,8	46,2
	Trabajo bajo techo - poli sombra o invernadero	42,3	57,7
Enfermedades derivadas del trabajo		7,7	92,3
Accidente ocasionado por su trabajo		15,4	84,6

4. Conclusiones

Los resultados evidencian que la mayoría de los campesinos informales del VSN desempeñan sus labores en condiciones de informalidad, con bajos niveles de escolaridad y remuneración inferior al salario mínimo. Esta situación refleja la precariedad estructural del trabajo agrícola en la región y la ausencia de políticas efectivas para su formalización y protección social.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Se identificó una exposición a factores de riesgo químicos, posturales y biomecánicos. El manejo frecuente de plaguicidas, la permanencia prolongada en posturas de pie o agachadas y los movimientos repetitivos indican un entorno laboral de alto riesgo para el desarrollo de enfermedades osteomusculares y otras afecciones relacionadas con el trabajo agrícola informal. Los hallazgos subrayan la urgencia de implementar intervenciones en los peligros laborales dirigidas a los trabajadores campesinos informales, mediante capacitaciones, suministro de equipos de protección personal y acompañamiento institucional que promueva la sostenibilidad y dignificación del trabajo campesino.

5. REFERENCIAS

1. Orienteantioqueno.com (2023) El Oriente Antioqueño, una región de ensueño. <https://orienteantioqueno.com/oriente-antioqueno/>. Accessed 26 Feb 2023
2. Orienteantioqueno.com (2023) Zona altiplano
3. Ariana R (2021) PERFIL SOCIOECONÓMICO SUBREGIÓN LA DE ORIENTE
4. Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia (2019) Perfiles socioeconómicos de las subregiones de Antioquia.
5. Orozco JF (2020) Transformación Territorial En El Valle De San Nicolás – Oriente Antioqueño: Autonomía, Estado Y Ruralidad Sin Campesinos. Tesis de Maestría, Universidad de Antioquia
6. Correa D, Escobar C, López W (2022) Concepto Económico Oriente Antioqueño
7. Portafolio (2018) El trabajo informal reina en el campo colombiano. In: Portafolio
8. Rodolfo Correa (2021) Campesinos con salarios miserables. In: La República. [https://www.larepublica.co/analisis/rodolfo-correa-3159692/campesinos-con-salarios-miserables-3221339#:~:text=Así%2C de los cinco millones,debajo del mínimo legal establecido](https://www.larepublica.co/analisis/rodolfo-correa-3159692/campesinos-con-salarios-miserables-3221339#:~:text=Así%2C de los cinco millones,debajo del mínimo legal establecido.). Accessed 26 Feb 2021





Análisis del riesgo de inundaciones sobre infraestructura identificada me-diante clasificaciones de imágenes satelitales, índices y el Global Surface Water e implicaciones en la salud pública de estos sucesos para zonas del departa-mento de Antioquia – Colombia

César Aníbal Olmos-Severiche^{1*}, Juan Diego Sierra Coterá¹, Daniela Correa Vásquez¹, Samuel Hernández Penagos¹, Brenda Guisao López¹, Fabio Emilio Gutierrez¹, Juan David Posada Narváez¹, Laura Fernández Arenas¹, Alexandra Martínez Claros¹

¹ Facultad de Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín 050022, Colombia.

*Autor de correspondencia. cesarolmos@elpoli.edu.co

Resumen. Este estudio en proceso surge ante la necesidad de gestionar el riesgo del territorio colombiano, pasando de la mitigación a la prevención de los impactos de las inundaciones y sus efectos en la salud pública, que saturan el sistema hospitalario con patologías físicas y psicológicas de los afectados (Zhong, S. et al., 2018; Paterson, D. et al., 2018). Para ello, el semillero de Investigación de Plataformas en Gestión de Datos espaciales – PGDE del Grupo de Investigación de Ingeniería Sostenible – GIS del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid escogió el departamento de Antioquia, de donde se extrajeron las zonas con pendientes más bajas y cercanas a cuerpos de agua, que las convierte en zonas susceptibles a inundaciones. De estas zonas, se escogieron algunas subzonas en las que a partir de imágenes satelitales ópticas de Sentinel-2 del programa Copernicus permitirán realizar clasificación no supervisada e índices de diferencia normalizada edificada (NDBI) para detección e intersección de infraestructura con zonas inundables detectadas (ESA, 2025). Finalmente, se realizará un rastreo de información de salud pública de dichas zonas en relación con la mortalidad y la morbilidad asociadas a estos eventos, con miras a la gestión y a la prevención.

Palabras clave: inundaciones, salud pública, infraestructura, imágenes satelitales, NDBI, clasificación no supervisada.

1. Introducción

Colombia ha sido catalogado como uno de los países más lluviosos del mundo por su ubicación planetaria, su topografía y su interacción con océanos y la selva amazónica (Poveda & Mesa, 1996). Debido a esto, la población colombiana, distribuida a lo largo de su variada geografía, experimenta fenómenos relacionados con la hidroclimatología que ponen en riesgo la integridad de las personas y la infraestructura ubicada en zonas de inundación. La salud pública de las comunidades ubicadas en zonas inundables se ve muy comprometida con los eventos de crecida de las aguas, generando efectos físicos y psicológicos que exigen al sistema de salud, que en caso colombiano puede verse comprometido fácilmente (Zhong, S. et al., 2018; Paterson, D. et al., 2018). Surge ante ello la necesidad de rastrear mediante sensores remotos e información de salud pública, el estado actual de la infraestructura con respecto a la crecida histórica de los cuerpos de agua, y los casos asociados de mortalidad y morbilidad registrados en el sistema de salud.

El proyecto se desarrolla con miras a alcanzar el objetivo general que reza: Analizar el riesgo de inundaciones sobre infraestructura identificada mediante clasificaciones de imágenes satelitales y el estudio



Global Surface Water intentando con ello disminuir las implicaciones en la salud pública de estos sucesos para algunas zonas del departamento de Antioquia – Colombia.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El departamento colombiano de Antioquia, uno de los más quebrados topográficamente y ricos en recursos hídricos, experimenta inundaciones que ponen en riesgo la infraestructura y la salud vital de los pobladores de ciertas regiones susceptibles a estos eventos. Previamente, mediante el uso de mapas de pendientes y de máxima extensión de inundación de estudios globales rigurosos, se escogieron regiones del territorio antioqueño que pueden ser más propensas a las inundaciones. De ellas, se escogieron subzonas de interés para contrastar la presencia actual de edificaciones en zonas de riesgo.

Dado que el sensoramiento remoto satelital permite monitorear la tierra de forma ininterrumpida generando productos de gran diversidad en tipología, utilidad y recurrencia; se propone aprovechar dichos recursos para generar intersecciones en zonas de interés del departamento de Antioquia.

2.2. Bases de datos y métodos

Para la base topográfica del estudio, se empleó un mosaico de modelos de elevación digital (DEM) de Alos Palsar con una resolución de 12,5 metros por pixel obtenido del ASF Data Search. De este, se extrajo el mapa de pendientes de todo el departamento mediante software GIS especializado (ArcGIS Pro), que permitió escoger las zonas más planas del mismo (Imagen 1). Se empleó además el modelo de máxima extensión de agua histórica (Max Extent) a partir de imágenes satelitales del programa Landsat de los últimos 30 años, obtenido del estudio multidecadal Global Surface Water (GSW) de Pekel et al. (2016). Este modelo, permite encontrar todos los píxeles de las imágenes satelitales de Landsat en las que en algún momento desde 1984 hasta 2019, según índices de humedad como el de diferencias normalizadas de agua (NDWI).

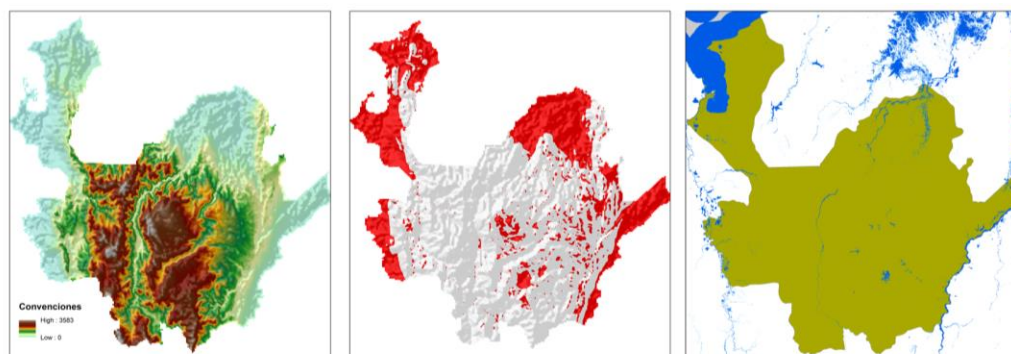


Figura 1. Modelo de elevación digital de Antioquia, clasificación de pendientes bajas (rojo) sobre mapa de sombras (grises) y máxima extensión de agua (azul). Fuente: los autores con datos de Alos Palsar y del Global Surface Water (GSW) de Pekel et al. (2016).

Para detección de infraestructura ubicada en zonas de riesgo histórico como las que sugiere el GSW y el mapa de pendientes, y con ello generar alertas para los elementos habitacionales o funcionales ubicados en dichas zonas, ignorando el riesgo hidráulico, se emplearán imágenes satelitales de Sentinel-2 del programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea - ESA (ESA, 2025). Dichas imágenes se procederán a clasificar de



forma no supervisada y con sus bandas se obtendrá el Índice de Diferencia Normalizada Edificada (NDBI), para la elaboración de un modelo combinado que permita encontrar con buena fidelidad dichas estructuras para el análisis de dichos sitios (Vásquez-Salazar et al., 2024).

Posteriormente, se harán procesos de intersección para subzonas del departamento donde existan los elementos considerados (pendientes, zonas inundables e infraestructura), y se procederá a buscar información sobre los eventos de inundación y registros de mortalidad y morbilidad en el sistema de salud municipal o departamental, así como en registros de los organismos de gestión del riesgo de diferentes órdenes.

Se contempla además el uso de información complementaria proveniente de Datos Abiertos del IGAC, datos DANE, instrumentos de gestión predial (EOT, POT, POMCA) de Colombia OT. Si se hace necesario, se podrían aplicar algunas encuestas a actores sociales e institucionales claves de las zonas de estudio escogidas, para nutrir los datos relacionados con la ocurrencia de inundaciones y asuntos de morbilidad y mortalidad asociadas a ellas

3. Resultados obtenidos y esperados

3.1. Detección de zonas de pendientes bajas

A partir del modelo de elevación digital se encontró el mapa de pendientes de todo el departamento y se reclasificaron aquellas pendientes menores a 5°. Con ello, se hallaron las zonas de pendientes bajas del departamento, que no necesariamente se manifiestan en zonas de altura baja, pues están distribuidas incluso en altiplanos como los de Santa Rosa, Rionegro, o en zonas como el Valle de Aburrá. Sin embargo, se concentran sobre todo en los valles de los ríos Cauca (parte baja), Magdalena y Atrato.

3.2. Detección de zonas inundables según GSW en zonas de baja pendiente.

Se detectaron zonas inundables según el mapa de máxima inundación del GSW de Pekel et al. (2016) en lugares de baja pendiente que permitirán la selección de zonas para generación de contrastes de inundación. Esta detección permitió a su vez encontrar zonas muy pobladas, ubicadas en zonas planas y con registros de al menos un episodio de inundación entre 1984 y 2019, como la zona de Tres Puertas, en la cabecera sur del Aeropuerto José María Córdova de Rionegro - Antioquia (Figura 2).

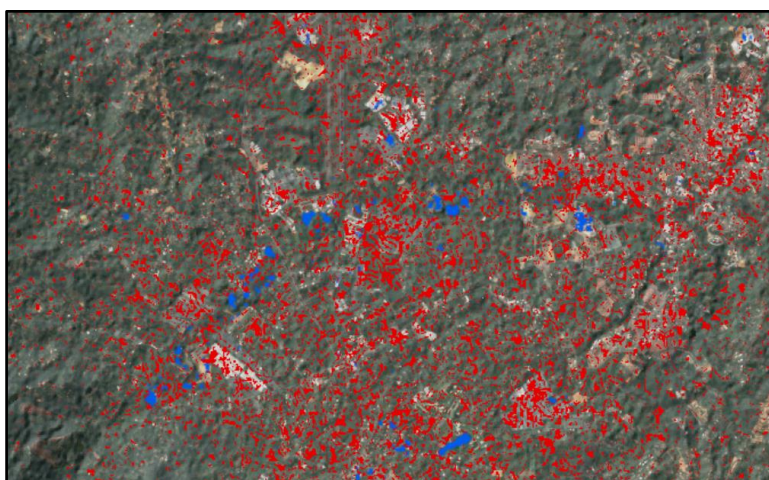


Figura 2. Zonas de baja pendiente (rojo) y manchas de máxima inundación (azul) según el Global Surface Water (GSW) de Pekel et al. (2016).



3.3. Detección de infraestructura en zonas inundables de baja pendiente.

En esta etapa del proyecto, que es la etapa actual al momento de someter este resumen, se está detectando la infraestructura de las zonas de interés en imágenes satelitales de Sentinel-2 a partir de dos métodos, que luego se combinarán mediante pesos ponderados o suma de rásteres. La idea, es lograr una extracción precisa de la infraestructura que se encuentra en las zonas puntuales detectadas en la sección anterior. Esto, ante la presencia creciente de elementos habitacionales o funcionales ubicados en zonas donde no se considera el hidráulico al se que se exponen (Vásquez-Salazar et al., 2024). Resultados preliminares para la zona de Rionegro observada en la Figura 2, se obtuvieron los siguientes resultados a partir de ejercicios de clasificación no supervisada (Figura 3).



Figura 3. Zona de infraestructura detectada mediante clasificación no supervisada de imágenes Sentinel-2 (rosado) y manchas de máxima inundación (azul) según el Global Surface Water (GSW) de Pekel et al. (2016).

La Figura 3 es una buena aproximación de los resultados a los que pretende llegar el Semillero PGDE con este proyecto, pues ha encontrado de forma preliminar zonas en las que se evidencia la ocupación de territorios propicios para inundaciones, aun cuando estas no hayan ocurrido en las últimas dos décadas, momento en el cual se han dado grandes expansiones urbanas en zonas como la de Rionegro, donde se nota infraestructura habitacional (conjuntos de casas) e industrial (techos de bodegas e invernaderos) en zonas inundables (Figura 2 y 3). Esto es consistente a su vez con hallazgos para otras zonas del departamento de Antioquia como el casco urbano de Nechí, en el Bajo Cauca, donde la reciente publicación de Cortés-Arango et al. (2025), encontró igual tendencia de urbanización reciente en zonas inundables de dicho municipio.

4. Conclusiones

El estudio en desarrollo muestra la efectividad del uso de recursos de sensores remotos como modelos de elevación digital, análisis de inundación, imágenes satelitales ópticas y posteriormente registros del sistema de salud; para la gestión de un riesgo que es cada vez más creciente en el departamento de Antioquia, relacionado con el aumento de la susceptibilidad de infraestructuras habitadas en zonas con historicidad de inundaciones.

Análisis como estos son un buen insumo para la gestión territorial en relación con el recurso hídrico, y ayudan a ordenar la infraestructura en concordancia con el riesgo de inundación, evitando saturaciones del



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

sistema de salud relacionados no solo con la mortalidad, sino con la morbilidad por enfermedades físicas y mentales de los pobladores que se exponen a estos episodios adversos.

Se espera potenciar la extracción de infraestructura de las imágenes satelitales a partir de métodos combinados de clasificaciones no supervisadas e índices, permitiendo reducir errores de detección que pueden existir empleando un sólo método.

Los avances del proyecto han mostrado ser prometedores e incluso fueron expuestos por miembros del semillero en el encuentro de la Red Colombiana de Semilleros de Investigación - RedColsi, nodo Antioquia, el día 8 de mayo de 2025, en el colegio San Carlos de La Salle de la ciudad de Medellín, en representación del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

5. Referencias

1. Cortés-Arango, V., Jaramillo-Pineda, J. A., Echeverri-Idarraga, C., González-Morales, C., Bolaños-Chavarría, S., Olmos-Severiche, C. A., & Díaz-Paz, J. P. (2025). A methodology for multitemporal analysis of hydraulic dynamics of water bodies using satellite radar imagery: A case study of the Bajo Cauca region in Antioquia-Colombia. *Journal of Hydroinformatics*. <https://doi.org/10.2166/hydro.2025.077>
2. ESA, Copernicus and Programme of European Union (2025) Sentinel-1 Mission. Available at: <https://dataspace.copernicus.eu/data-collections/sentinel-data/sentinel-1>
3. Paterson, D., Wright, H., & Harris, P. (2018). Health Risks of Flood Disasters. *Clinical Infectious Diseases*, 67, 1450–1454. <https://doi.org/10.1093/cid/ciy227>
4. Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418–422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
5. Poveda, G., & Mesa, Ó. J. (1996). Las fases extremas del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y su influencia sobre la hidrología de Colombia. *Ingeniería Hidráulica En México*, 11(1), 21–37.
6. Vásquez-Salazar, R. D., Cardona-Mesa, A. A., Valdés-Quintero, J., Olmos-Severiche, C., Gómez, L., Travieso-González, C. M., Díaz-Paz, J. P., Espinosa-Ovide, J. E., Diez-Rendón, L., Garavito-González, A. F., & Vásquez-Cano, E. (2024). Detection of Coastal Erosion and Progradation in the Colombian 'Atrato River' Delta by Using Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar Data. *Remote Sensing*, 16(3), 552. <https://doi.org/10.3390/rs16030552>
7. Zhong, S., Yang, L., Toloo, S., Wang, Z., Tong, S., Sun, X., Crompton, D., Fitzgerald, G., & Huang, C. (2018). The long-term physical and psychological health impacts of flooding: A systematic mapping.. *The Science of the total environment*, 626, 165-194 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.041>





Metodología para el análisis multitemporal de dinámicas hidráulicas usando imágenes satelitales de radar para el caso de estudio del Bajo Cauca antioqueño en Colombia

Carolina González-Morales¹, Silvana Bolaños-Chavarría¹, César Aníbal Olmos-Severiche¹, Rubén Darío Vásquez-Salazar¹, Jean Pierre Díaz-Paz^{1,2}

¹ Facultad de Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín 050022, Colombia

² Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, 250247, Colombia

Resumen. Este estudio evalúa el uso de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) para la detección y el monitoreo de inundaciones periódicas en Nechí, Colombia, una región donde la persistente cobertura nubosa limita el uso de imágenes ópticas. Se aplicó un método de clasificación que combina la reducción de moteado mediante autoencoders y la umbralización de Otsu, alcanzando una precisión global del 91,16%, una especificidad del 95,33%, una sensibilidad del 86,80% y un puntaje F1 de 90,58%. El mapeo de inundaciones entre 2017 y 2024 reveló una marcada variabilidad interanual, con el evento más extenso en 2017 (promedio de 3,59 millones de m²; máximo de 12,95 millones) y el segundo en 2020 (promedio de 124.442 m²; máximo de 746.100 m²). Los patrones estacionales fueron bimodales, con picos en junio (190.557 m²) y noviembre (186.171 m²), coincidiendo con descargas fluviales superiores a 3.500 m³/s. Las condiciones húmedas asociadas con La Niña incrementaron la extensión de las inundaciones, mientras que los años secos de El Niño la redujeron. El análisis espacial mostró que los diques influyen en la distribución del agua y que la expansión urbana entre 2017 y 2025, con un aumento aproximado de 0,33 km² (26%), invadió zonas propensas a inundarse. Los resultados demuestran el valor del radar para el monitoreo continuo de inundaciones y su potencial para fortalecer las estrategias de alerta temprana y gestión del riesgo en cuencas tropicales.

Palabras clave: reducción de ruido, análisis multitemporal, teledetección, radar de apertura sintética.

1. Introducción

El Bajo Cauca antioqueño, ubicado al norte de Antioquia (Colombia), constituye una planicie aluvial conformada por los ríos Cauca y Nechí. Su compleja dinámica ambiental y socioeconómica, junto con la alta nubosidad y las lluvias frecuentes, dificulta la observación superficial mediante imágenes ópticas (RestrepoJiménez y Restrepo-Londoño, 2024). Estas condiciones limitan el monitoreo de los rápidos cambios hidráulicos que caracterizan la región, donde la interacción entre procesos naturales y actividades humanas incrementa la exposición al riesgo de inundación. Ante esta limitación, las imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) son una alternativa eficaz para la detección y seguimiento de cuerpos de agua, ya que permite obtener información independiente de las condiciones atmosféricas o de iluminación. Diversos estudios han demostrado su alta precisión en la identificación de áreas inundadas y en la delimitación de superficies de agua temporales y permanentes [1], [2], [3].

En este estudio se emplean imágenes SAR con frecuencia mensual para analizar los cambios temporales en la dinámica hidráulica del Bajo Cauca entre 2017 y 2024. La metodología propuesta combina un proceso de despeckling basado en autoencoders con la umbralización de Otsu, logrando una precisión global del 91,16% y un F1-score del 90,58%, con bajos requerimientos computacionales. Este enfoque permite identificar

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022



variaciones estacionales e interanuales asociadas a eventos de inundación y su relación con factores hidrológicos, climáticos y de uso del suelo. Los resultados evidencian que el crecimiento urbano y las intervenciones hidráulicas han intensificado la exposición al riesgo, resaltando la utilidad de la tecnología SAR como herramienta para el monitoreo y la gestión del agua en regiones tropicales con alta nubosidad.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se desarrolló en la confluencia de los ríos Cauca y Nechí, en el Bajo Cauca antioqueño (8°05'45.8"N, 74°46'01.9"W), a unos 30 m s. n. m. Esta zona presenta una alta dinámica fluvial y frecuentes inundaciones, especialmente en el municipio de Nechí, ubicado sobre planicies aluviales.

El clima es tropical húmedo, con precipitaciones anuales entre 4.200 y 5.000 mm y una temporada lluviosa entre abril y noviembre. Los caudales promedio de los ríos Cauca (1.100 m³/s) y Nechí (841 m³/s), junto con la sedimentación derivada de la minería y ganadería, favorecen la obstrucción de cauces y la formación de barras aluviales. Estas condiciones incrementan el riesgo de inundación y degradación ambiental en la región.

2.2. Bases de datos

Se emplearon imágenes Sentinel-1 (VV-VH) del programa Copernicus (ESA) entre 2017 y 2024 [4], seleccionadas por su capacidad para operar bajo condiciones de nubosidad y su resolución espacial de 10 m. Estas se complementaron con registros de precipitación, nivel y caudal de estaciones del IDEAM [5], y con el Índice Oceánico del Niño (ONI) del NOAA [6], con el fin de analizar la influencia del fenómeno ENSO en la dinámica fluvial del Bajo Cauca antioqueño.

2.3. Métodos

El procesamiento de las imágenes SAR incluyó la reducción de ruido speckle mediante un autoencoder convolucional, que preserva la textura y los bordes de los cuerpos de agua. Posteriormente, se aplicó el método de umbral adaptativo de Otsu para clasificar los píxeles en agua y no agua, generando mapas binarios para cada fecha.

Se identificó el agua permanente considerando los píxeles clasificados como agua en más del 75 % de las observaciones anuales. La región inundable de interés corresponde al mismo sector delimitado por agua permanente que contiene al municipio. Así, el área inundada se estimó multiplicando el número de píxeles en la región inundable de interés por el factor espacial del sensor (1 píxel = 137,62 m²). Finalmente, se integraron los resultados con los datos hidrometeorológicos y el ONI para analizar la relación entre la extensión de las inundaciones, los caudales, la precipitación y la variabilidad climática.

3. Resultados y discusión

3.1. Detección de cuerpos de agua

La validación del método de detección mediante imágenes SAR se realizó con apoyo de imágenes ópticas Sentinel-2 para los eventos de mayo y septiembre de 2017 (Figura 1). El índice NDWI confirmó la correspondencia espacial de las zonas inundadas, validando la capacidad del método para identificar cuerpos de agua incluso bajo condiciones de nubosidad. La clasificación alcanzó una precisión global del 91,16% y un F1-score del 90,58%, demostrando su efectividad en ambientes tropicales con alta variabilidad hidrológica.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

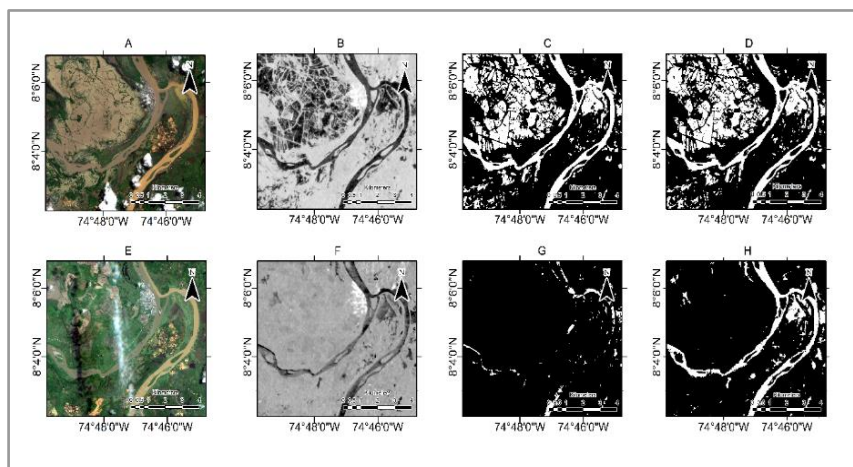


Figura 1. Segmentación de agua en la región de interés [7]

3.2. Análisis multitemporal e hidrológico

El estudio multitemporal (2017–2024) evidenció una alta variabilidad en la extensión de las áreas inundadas, con máximos en 2017 (hasta 12,9 millones m²) y en 2020, mientras que 2021 registró las menores extensiones. Los mayores eventos se concentraron en junio y noviembre, coincidiendo con las temporadas lluviosas asociadas a la migración de la ZCIT. La comparación con los caudales de las estaciones Margento, La Esperanza y Las Flores mostró una estrecha correspondencia entre los picos de flujo y las áreas inundadas, especialmente cuando ambos ríos alcanzaron máximos simultáneamente. Además, se evidenció la influencia de los eventos La Niña (2020–2021) en la intensificación de las inundaciones (Figura 2).

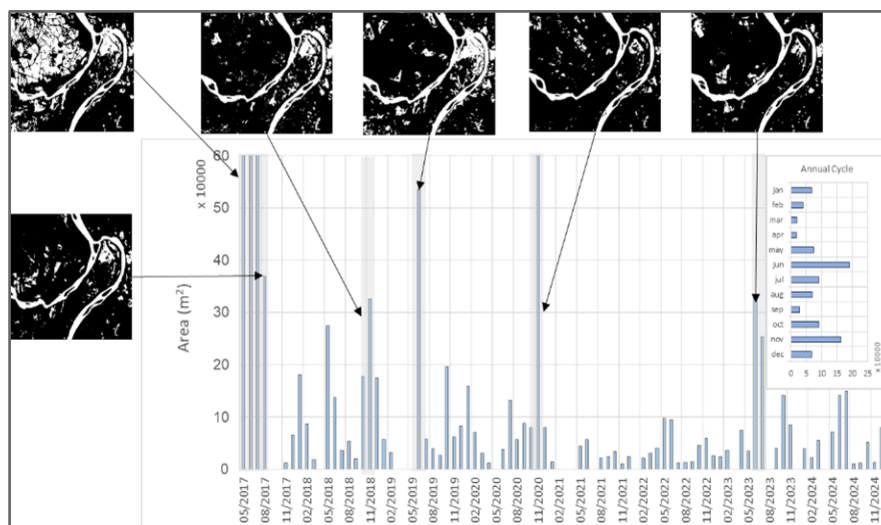


Figura 2. Análisis multitemporal [7]

Finalmente, se observó que el crecimiento urbano reciente en Nechí se ha dado sobre zonas previamente afectadas, lo que incrementa la exposición al riesgo y resalta la utilidad del enfoque SAR para la gestión del territorio y la planificación del riesgo, generando datos con mayor precisión para el contexto local que otros estudios globales como el mapa de máxima extensión de inundación del Global Surface Water [8] (Figura 3).

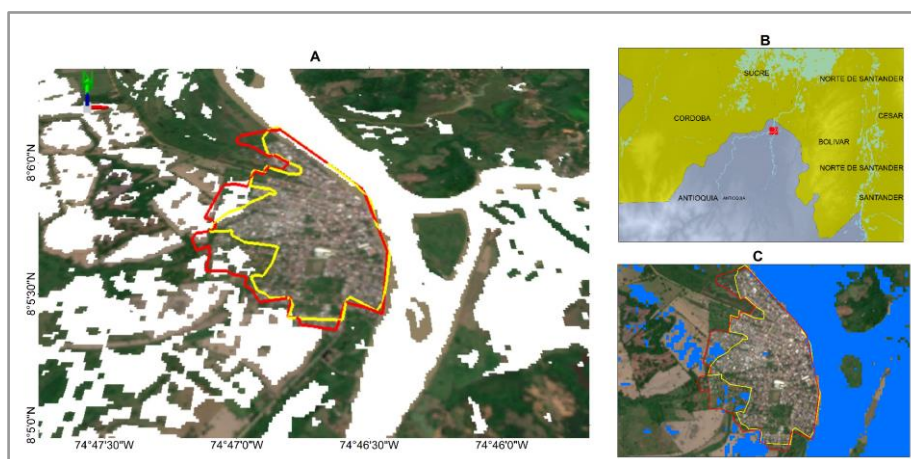


Figura 3. Comparación de la clasificación de inundación obtenida para el área de estudio en mayo de 2017, con el borde del casco urbano de Nechí en 2017 (amarillo) y en 2025 (rojo)

4. Conclusiones

El estudio demuestra la efectividad del uso de imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) para la detección y monitoreo de inundaciones en regiones tropicales con alta nubosidad. La metodología basada en filtrado por autoencoder y umbralización de Otsu alcanzó una precisión global del 91,16%, confirmando su capacidad para diferenciar superficies de agua y tierra incluso en condiciones atmosféricas adversas.

El análisis temporal evidenció una marcada variabilidad estacional e interanual, con máximos de inundación en junio y noviembre, coincidentes con los picos de caudal de los ríos Cauca y Nechí. Los eventos más extensos ocurrieron en 2017 y 2020, asociados a condiciones La Niña, y mostraron una acumulación de agua en depresiones topográficas y zonas agrícolas delimitadas por diques, lo que genera riesgo potencial ante fallas estructurales.

Se comprobó además que la expansión urbana reciente se ha dado sobre zonas históricamente inundadas, incrementando la exposición y vulnerabilidad de la población. Estos resultados resaltan la importancia de integrar los datos SAR y la información hidrológica intercuenas en los sistemas de alerta temprana y en la planificación territorial.

Se propone fortalecer la investigación mediante el uso de técnicas de inteligencia artificial para mejorar el preprocesamiento y segmentación de imágenes SAR, con el fin de avanzar hacia sistemas de monitoreo más precisos, adaptables y útiles para la gestión sostenible del riesgo hídrico.

5. Referencias

- [1] R. Nasirzadehdizaji, D. E. Akyuz y Z. Cakir, «Flood Mapping and Permanent Water Bodies Change Detection Using Sentinel SAR Data,» The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, n° <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W18-797-2019>, pp. 797-801, 2019.
- [2] L. Kseňak, K. Pukanská y K. Bartoš, «Mapping of Spatio-Temporal Changes of Surface Water Using Sentinel-1 SAR Images,» IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 906, n° <https://doi.org/10.1088/1755-1315/906/1/012059>, 2021.
- [3] Y. Xie, H. Zeng, K. Yang, Q. Yuan y C. Yang, «Water-Body Detection in Sentinel-1 SAR Images with DK-CO Network,» Electronics, vol. 12, n° <https://doi.org/10.3390/electronics12143163>, 2023.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

[4] European Space Agency ESA, «Sentinel-1 Mission,» ESA, 24 octubre 2025. [En línea]. Available: <https://dataspace.copernicus.eu/data-collections/sentinel-data/sentinel-1>. [Último acceso: 24 octubre 2025].

[5] IDEAM, «Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM,» IDEAM, 24 octubre 2025. [En línea]. Available: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.. [Último acceso: 24 octubre 2025].

[6] NOAA, «El Niño/Southern Oscillation (ENSO),» NOAA, 24 octubre 2025. [En línea]. Available: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. [Último acceso: 24 octubre 2025].

[7] V. Cortés-Arango, J. A. Jaramillo-Pineda, C. Echeverri-Idarraga, C. González-Morales, S. Bolaños-Chavarría, C. Olmos-Severiche y J. P. Díaz-Paz, «A methodology for multitemporal analysis of hydraulic dynamics of water bodies using satellite radar imagery: a case study of the Bajo Cauca region in Antioquia-Colombia,» Journal of Hydroinformatics, n° <https://doi.org/10.2166/hydro.2025.077>, 2025.

[8] J. F. Pekel, N. Gorelick y A. S. Belward, «High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes,» Nature, n° <https://doi.org/10.1038/nature20584>, p. 418–422, 2016.





Contaminación por tráfico vehicular y morbilidad: resultados de la exposición a largo plazo en la cohorte MEDELLÍN, 2009-2021

Duvan Stiven Suarez Moreno¹, Juan Gabriel Piñeros Jiménez² and Miriam Gomez Marin³

¹ Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Colombia

² Facultad Nacional de Salud Pública, Universidad de Antioquia, Colombia

³ Facultad de Ingeniería, Politécnico Colombia Jaime Isaza Cadavid, Colombia

Correo autor: dstiven.suarez@udea.edu.co

Resumen. La contaminación por tráfico vehicular es un problema de salud ambiental en áreas urbanas, con especial impacto en poblaciones vulnerables (menores de 5 y mayores de 60 años). En Colombia, aunque existe investigación, hay una necesidad de estudiar los efectos específicos de las fuentes de emisión. Este estudio longitudinal retrospectivo anidado en una cohorte (Cohorte MEDELLÍN) tuvo como objetivo establecer la asociación entre la contaminación por tráfico vehicular y la morbilidad en Medellín. Se analizaron 872 participantes, evaluando su exposición a largo plazo (promedio anual de 2021) a PM_{2,5} y NO₂. Se obtuvieron datos de atención médica (2009-2021). Se usaron modelos de riesgos proporcionales de Cox para estimar las razones de riesgo (HR) de morbilidad. De los 876 participantes, el 54.4% reportó 1260 casos de morbilidad (93.57% de eventos respiratorios). Las concentraciones promedio para PM_{2,5} fueron de 16.7 µg/m³ y 55.9 µg/m³ para NO₂. El 36.56% de la masa total de PM_{2,5} se asoció al tráfico. El estudio solo encontró un riesgo estadísticamente significativo para la exposición a NO₂ con una concentración anual superior a 60 µg/m³ (HR = 1.25 en menores de 5 años y HR = 1.26 en mayores de 60 años), asociado a la asistencia al sistema de salud por enfermedad respiratoria. Las concentraciones de ambos contaminantes no cumplieron con los niveles sugeridos por la OMS en 2021, aunque sí se evidenció cumplimiento de las Metas 1 y 2 para PM_{2,5}. Estos hallazgos son importantes para la actualización de políticas públicas en salud y ambiente en la ciudad.

Palabras clave: Contaminación por tráfico vehicular, Contaminación del Aire, Impactos de la Polución en la Salud, Salud Pública, Salud Ambiental.

1. Introducción

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), cinco de las 20 principales causas de muerte y discapacidad en el mundo son ambientales, entre ellas está la contaminación del aire (1). En 2020, el Instituto de Métricas y Evaluación en Salud (IHME) estimó que más del 90 % de la población mundial vive en zonas donde las concentraciones de PM_{2.5} superan los límites establecidos por la OMS (2). En estas zonas predominantemente urbanas, la exposición se clasifica en: i) contaminación intradomiciliaria, vinculada al uso de biomasa en el hogar, tabaquismo pasivo y ambientes laborales contaminados (3) y ii) contaminación ambiental, causada por emisiones del tráfico, generación de energía, industrias, polvo resuspendido y quema de residuos (4). El estudio de Carga Global de la enfermedad (GBD) de 2024, identificó la contaminación del aire ambiental como uno de los factores de riesgo con mayor incremento en exposición y principal contribuyente a la carga mundial de enfermedad (5). Además, se reconoció al dióxido de nitrógeno (NO₂) como un nuevo factor de riesgo para el asma (6).

Las características del transporte, los modos utilizados y la calidad de los combustibles influyen directamente en los niveles de contaminación, generando la Contaminación por Tráfico Vehicular (Traffic-Related Air Pollution, TRAP), abarca una mezcla de contaminantes de escape (exhaust), emisiones evaporativas y emisiones no relacionadas con la combustión (polvo de carretera, desgaste de llantas y frenos), conocidas



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

como nonexhaust (7). Entre los principales contaminantes asociados están el material particulado, carbono elemental (EC), monóxido de carbono (CO) y NO₂ (8).

Aunque toda la población puede verse afectada por el TRAP, la evidencia científica destaca efectos particularmente significativos en edades extremas. En adultos mayores se ha relacionado con alteraciones en la presión arterial (9,10), insuficiencia cardíaca (11), variabilidad de la frecuencia cardíaca (12), prevalencia de diabetes, demencia (13,14), difusión pulmonar (11) e incidencia de la enfermedad de Parkinson (15). En menores se ha vinculado con mayor riesgo de eventos respiratorios (16,17), hospitalizaciones por infecciones respiratorias (18) y aumento de visitas a urgencias por crisis asmáticas (19).

En países de ingresos bajos y medios, los estudios sobre TRAP son limitados enfocados en la exposición y algunos efectos en salud. En América Latina, se ha demostrado la asociación entre el NO₂ y casos de asma en menores de 18 años (20,21). En Brasil, se reportó un aumento de hospitalizaciones por infecciones respiratorias agudas asociado al NO₂ en menores de 10 años (22), además se estableció una relación entre la cercanía de escuelas a vías principales y el aumento de rinitis (32,2%) y síntomas respiratorios nocturnos (63,2 %) (23). En México, el modo de transporte se asoció con la exposición a PM_{2.5} y cambios agudos en la variabilidad de la frecuencia cardíaca en adultos jóvenes (24). En Perú, una cohorte de niños y adolescentes con asma reportó deterioro en la calidad de vida y control de la enfermedad en relación con la exposición a PM_{2.5} en zonas periurbanas (26).

En Colombia, existen algunas aproximaciones en la relación al TRAP y sus posibles efectos en salud. Un estudio ecológico en cinco ciudades capitales analizó la variabilidad espacial de PM_{2.5} usando modelos de regresión de uso del suelo (LUR), revelando un aumento en la mortalidad por causas respiratorias y circulatorias. Estos modelos incluyeron variables como longitud de vías, velocidad promedio, volumen de tráfico, uso del suelo, precipitación y densidad poblacional (27). Otro estudio encontró un incremento en las consultas por urgencias respiratorias y circulatorias asociado al aumento de 6 µg/m³ de NO₂ (28). En Bogotá, se evaluó la relación entre exposición a PM_{2.5} y carbono negro con salud respiratoria en usuarios de distintos modos de transporte. Aunque se reportaron síntomas respiratorios, no se hallaron diferencias espirométricas significativas según el modo o ruta (29).

En el Valle de Aburrá, durante la última década se han estimado impactos generales de la contaminación del aire sobre la salud. Entre 2008 y 2019, se atribuyeron 7.198 muertes a la exposición a PM_{2.5} y O₃, con una pérdida de 1.511.163 años de vida (30). Además, el 13,8 % de los años de vida perdidos por discapacidad se atribuyó a la exposición a PM_{2.5} (31). Sin embargo, la contaminación por tráfico vehicular no ha sido abordada específicamente, a pesar de que los inventarios de emisiones indican que el 91 % de la contaminación atmosférica urbana proviene de fuentes móviles (32).

En la ciudad de Medellín, en los últimos tres años se viene desarrollando el programa de investigación: Desarrollo de un programa de gestión del conocimiento en contaminación atmosférica y sus efectos en la salud en el Valle de Aburrá, Antioquia. En el marco de este, se concretó la conformación de una cohorte en la ciudad para el estudio de la asociación entre la contaminación del aire y los efectos en salud configurada entre 2021 y 2024 en la cual se anida el presente estudio cuyo objetivo fue: establecer la asociación entre la contaminación por tráfico vehicular y la morbilidad en la comuna 16 de la ciudad de Medellín entre 2009 y 2021.

2. Materiales y métodos

2.1. Diseño, población y zona de estudio

Se realizó un diseño longitudinal retrospectivo anidado en la cohorte MEDELLÍN, siguiendo los lineamientos propuestos por Nieto y Szklo para estudios retrospectivos (33), en donde: i) la exposición se define



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

desde un año de referencia y se aplica a todo el periodo de estudio, y ii) la muestra se deriva de la cohorte original, asumiendo sus sesgos inherentes.

El estudio se llevó a cabo en la comuna 16. Allí se han realizado también ha sido objeto de análisis sistemáticos sobre la composición química del material particulado, como parte de estudios de fuentes de emisión; en modelaciones previas se reportaron baja incertidumbre en la estimación de concentraciones anuales de PM_{2.5} en áreas pequeñas (manzanas urbanas) (34) y se caracteriza por elevados niveles de PM_{2.5} y NO₂, así como por un crecimiento poblacional acelerado, heterogeneidad socioeconómica, presencia de vías principales y alto flujo de vehículos livianos y pesados (35). Por estas razones, se seleccionaron los participantes de la cohorte que residían en esta zona.

Los participantes fueron reclutados entre septiembre de 2021 y febrero de 2024. La selección comenzó con un pre-muestreo de hogares ubicados en un radio de 600 metros respecto a una estación de monitoreo de calidad del aire ubicada en la zona de estudio. Se utilizó una estrategia de muestreo proporcional por estrato de edad, para garantizar aleatoriedad y representatividad según los criterios establecidos por la cohorte. En cada vivienda seleccionada, se aplicó una encuesta de pre-ingreso con variables demográficas y se asignó un código único. Posteriormente, se realizó un muestreo aleatorio simple para elegir un/a voluntario/a por hogar. A las personas seleccionadas se les aplicaron criterios de inclusión y exclusión mediante la encuesta de ingreso.

A la muestra final se le recolectaron datos demográficos, socioeconómicos, antecedentes de salud y medición de variables clínicas de interés. Además, cada participante autorizó el acceso a sus registros de atención.

2.2. Información ambiental

Para estimar las concentraciones anuales de PM_{2.5} y NO₂ en el área de estudio y los sitios de residencia de los participantes, se utilizaron los modelos de regresión de uso del suelo (LUR) desarrollados para Medellín en 2021 por Rodríguez-Villamizar et al. (36). La estimación de PM_{2.5} se basó en la concentración media medida en los puntos de muestreo, precipitación promedio, uso dotacional del suelo (100 m), densidad poblacional (200 m), uso mixto del suelo y volumen vehicular (500 m). Este modelo presentó una representatividad del 82 % y un error cuadrático medio (RMSE) de 1.71. Para NO₂, la ecuación incluyó la precipitación promedio, distancia a vías arteriales (200 m) y volumen vehicular (500 m), con una representatividad del 57 % y un RMSE de 1.06. El área mínima de análisis fue definida según la cuadrícula base del modelo LUR, con un tamaño de 57,6 m². Siguiendo la metodología empleada en estudios internacionales como ESCAPE y ELAPSE (37–42), se utilizó el promedio de exposición a PM_{2.5} y NO₂ del año 2021 como estimación para todo el periodo analizado, al ser la única información relacionada al tráfico vehicular

Adicionalmente, para estimar la proporción de del PM_{2.5} asociado al tráfico vehicular, se realizó una caracterización química del material particulado entre el 11 de marzo y el 16 de septiembre de 2021, en la estación de monitoreo ubicada en la comuna. Las muestras fueron recolectadas cada tercer día utilizando filtros de cuarzo en un equipo de alto volumen PM_{2.5} NRM (Tisch Environmental), y analizadas según sus propiedades fisicoquímicas: masa, metales, carbono orgánico, carbono elemental, hidrocarburos aromáticos policíclicos y óxidos solubles e insolubles (43).

2.3. Información de tráfico

La jerarquización vial se obtuvo del Geoportal del municipio de Medellín (44). La información sobre el aforo vehicular provino de campañas de medición y estimaciones realizadas por Rodríguez-Villamizar et al. (36).



2.4. Información sobre morbilidad

La identificación de los casos de morbilidad se realizó integrando múltiples fuentes de información. A partir de los datos recolectados al ingreso de los participantes, se efectuó un cruce con los Registros Individuales de Prestación de Servicios (RIPS) del sistema de salud, correspondientes al periodo 2009–2021. La ocurrencia de una atención en salud relacionada con los diagnósticos de interés se consideró como caso de morbilidad.

Se incluyeron los eventos establecidos en los estudios de Carga Global de la Enfermedad asociados a la contaminación del aire y registrados en el sistema de vigilancia en salud ambiental, y según la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10), fueron: infecciones agudas de vías respiratorias superiores (J00–J06), influenza y neumonía (J09–J18), otras infecciones agudas de vías respiratorias inferiores (J20–J22), enfermedades cerebrovasculares (I60–I69), enfermedades isquémicas del corazón (I20–I25), enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (J40–J47) y neoplasias malignas del aparato respiratorio y órganos intratorácicos (C30–C39).

Además, se incluyeron variables contextuales, hábitos individuales y a cada uno de los participantes se consultó el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) establecido por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística a través del Geoportal oficial de la ciudad (44).

2.5. Análisis estadístico

Se asignaron concentraciones anuales de PM_{2.5} y NO₂ a cada uno de los participantes utilizando los valores estimados por los modelos LUR, según su lugar de residencia, utilizando la herramienta de extracción espacial Extract Multi Values to Points” del paquete Spatial Analyst de ArcGIS. De igual forma se analizaron las exposiciones individuales con referencia a los límites establecidos por la norma colombiana de calidad del aire de 2017 (45), así como con las recomendaciones de la OMS de 2021 (46), permitiendo evaluar la magnitud de la exposición con relación a estos lineamientos y se representaron gráficamente mediante QGIS (v.3.34)

Para estimar la proporción del PM_{2.5} asociada al tráfico vehicular, se aplicó un análisis de componentes principales (PCA) sobre los datos de caracterización química. La selección de componentes se basó en el criterio de Kaiser (valores propios >1), validado por una experta temática. Se consideraron variables con coeficientes de correlación >0,4 y significancia $p < 0,05$. La varianza explicada por el primer componente se utilizó para asignar a cada participante un nivel estimado de exposición al PM_{2.5} por tráfico, según su sitio de residencia. A partir del porcentaje de la varianza del factor de tráfico vehicular, se realizó el cálculo a todos los participantes a partir de la concentración total asignada. Toda la información fue organizada en el programa Microsoft Office Excel y analizada por medio del programa estadístico R.

La información sobre el tráfico incluyó la clasificación de vías, velocidad promedio y volumen vehicular. A cada participante se le asignó la distancia a la vía principal más cercana, también utilizando la herramienta de extracción espacial de ArcGIS.

Respecto a la morbilidad, se realizó un análisis descriptivo de los casos registrados entre 2009 y 2021, desagregado por sexo, edad, tipo de evento y grupo diagnóstico. Adicionalmente, a cada participante se le asignó un nivel de IPM, correspondiente al sitio de residencia utilizando la misma herramienta de ArcGIS, se realizó un análisis de normalidad de los datos y se clasificó si superaba el valor de referencia de mediana. Toda la información fue organizada en Microsoft Office Excel, para ser analizada en SPSS Versión 30.0.

Se emplearon modelos de regresión de riesgos proporcionales de Cox para estimar razones de riesgo (Hazard Ratios) asociadas al tiempo al primer caso. El inicio del seguimiento se definió como la fecha de nacimiento para participantes menores de 15 años y el 1° de enero de 2009 para mayores de 45 años. El seguimiento finalizó con la aparición del primer caso o el 31 de diciembre de 2021 en caso de censura. Las exposiciones se definieron según las concentraciones anuales de PM_{2.5}, su proporción asociado al tráfico vehicular y NO₂ teniendo en



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

cuenta como punto de referencia la media, límites máximos permisibles y niveles recomendados por la OMS. Para la variable sobre la distancia a vía principal, el punto de referencia fue una longitud inferior a 30 metros del lugar de residencia. Según la literatura estas variables son proxy a la contaminación por tráfico vehicular (7,23).

Se construyeron tres modelos de regresión de Cox:

- Modelo 1: ajustado por edad y sexo.
- Modelo 2: ajustado por edad, sexo, presencia de comorbilidades y exposición al humo de cigarrillo.
- Modelo 3: ajustado por las variables anteriores y el IPM.

Se estableció un valor de $p < 0,05$ como criterio de significancia estadística. Los análisis se desarrollaron con SPSS (v.30.0).

2.6. Consideraciones éticas

Este estudio fue aprobado por Comité de Ética de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia, según lo declarado en el acta de la sesión 347 del 16 de agosto del 2024, la cual se clasificó con riesgo mínimo.

3. RESULTADOS

3.1. Descripción de la población de estudio.

Se analizaron datos de 876 personas residentes en la comuna 16. La mayoría eran mujeres (564 de 876), con una mediana de edad de 53 años (RIQ: 10–64). Con relación a hábitos, el 31,4% (275 de 876) estuvo expuesto al humo de cigarrillo. En relación con IPM, los datos no mostraron distribución normal; la mediana fue 8,6 (RIQ: 4,3–14,4), 47,7% (329 de 690) y presentó un IPM inferior a la mediana.

Referente a la exposición, el 80,7% (707 de 876) estuvo expuesto a concentraciones anuales promedio de PM2.5 superiores a $16,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y 67,7% (593 de 876) a su proporción al tráfico vehicular. En cuanto al NO2, el 63,7% (558 de 876) presentó una exposición superior al promedio anual ($55,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y con la distancia del lugar de residencia a una vía principal, 4,9% (43 de 876) vivía a menos de 30 metros de una vía principal (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de la población de estudio, Comuna 16, cohorte MEDELLÍN, 2021.

Variable	Hombre	Mujer
Sexo (%)	312 (35,6%)	564 (64,4%)
Edad en años: 53 (RIQ=10-64)		
Menores de 14 (%)	177 (52,8%)	159 (47,2%)
Mayores de 44 (%)	153 (28,3%)	387 (71,7%)
Exposición al humo de tabaco (%)	102 (37,1%)	173 (62,9%)
Índice de pobreza Multidimensional 8,6 (RIQ=4,3-14,4) (n=690) (%)	110 (33,4%)	219 (66,6%)
Exposición a PM2.5: $16,7 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	251 (35,5%)	456 (64,5%)
Exposición a NO2: $55,9 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	195 (34,9%)	363 (65,1%)

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Variable	Hombre	Mujer
Exposición a la proporción del PM2.5 asociado al tráfico vehicular: $6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	212 (35,8%)	381 (64,2%)
Distancia a vía principal <30 metros	14 (32,6%)	29 (67,4%)

Entre 2009 y 2021, 459 (54,4%) de los 876 participantes fueron atendidos en el sistema de salud, registrándose un total de 1260 casos. De estas, 93,6% (1179) correspondió a enfermedades respiratorias y 6,4% (81) a cardiovasculares. Entre los diagnósticos respiratorios, el más frecuente fueron las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00–J06), con un 59,2% (745 de 1179). Para cardiovasculares, las enfermedades isquémicas del corazón (I20–I25) representaron el 54,3% (44 de 81). Además, se identificaron dos atenciones de neoplasias malignas del aparato respiratorio y órganos intratorácicos (C30–C39). Del total de casos J00–J06, el 61,1% (455) ocurrió en mujeres y el 50,9% (379) en menores de 14 años. Respecto al análisis por año, el mayor número se registró en 2013 (144), seguido de 2012 (143) y 2011 (140). Finalmente, el 54,4% de la población (459 de 876) presentó al menos una atención durante el periodo de estudio.

3.2. Caracterización de la contaminación asociado al tráfico vehicular.

Análisis de concentraciones de PM2.5 y NO2

En la comuna 16 se identificaron 2661 áreas pequeñas. El promedio anual de PM2.5 fue de $19,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DE: $4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y de $68,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO2 (DE: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con un índice de Moran de 0,97 para ambos contaminantes.

Respecto a la exposición individual de los participantes, el promedio anual de exposición fue de $16,7 \pm 4,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5 con rangos de concentración entre 5,9 y $24,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para NO2 el promedio fue de $55,9 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y rangos entre 23,2 y $76,5 (25 \mu\text{g}/\text{m}^3)$. Al analizar teniendo en cuenta la normativa colombiana, el 100% de la muestra reportó una exposición de PM2,5 inferior a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para NO2 el 69,7% (558 de 876) superó el valor de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por último, con las recomendaciones de la OMS, para PM2,5, ningún participante cumplió el valor guía y la meta intermedia 4, 19,3% (169 de 876) cumplió la meta intermedia 3, y el 100% para las metas intermedias 2 y 1. Para NO2, solo el 0,2% (2 de 876) cumplió con el valor guía, y la meta 3, 15,2% (133 de 876) la meta 2 y 20,4% (179 de 876) la meta 1 (Figura 1).

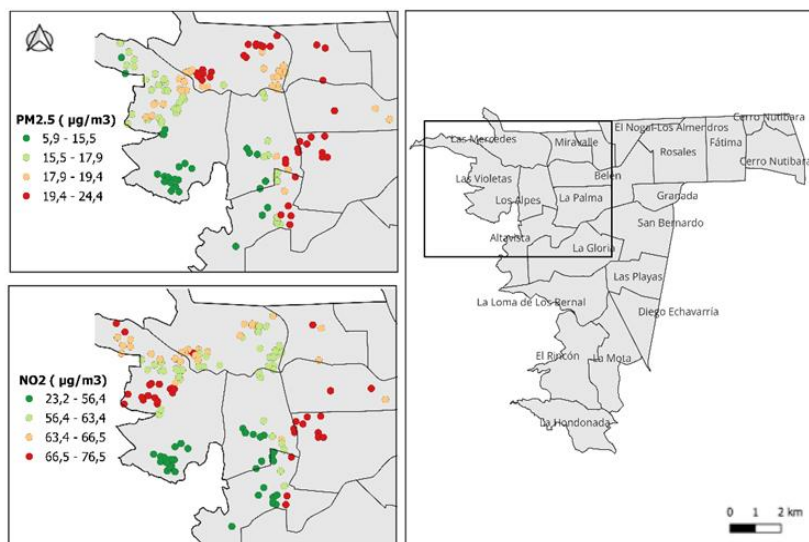


Figura 1. Concentraciones anuales de PM2.5 y NO2 estimadas asignadas según el sitio de residencia.
Comuna-16, Medellín, 2021.

3.3. Análisis de componentes principales (ACP) de caracterización química del PM2.5

Entre el 11 de marzo y el 16 de septiembre de 2021 se realizaron 92 mediciones, identificándose 46 elementos químicos. Las concentraciones presentaron una distribución no normal (prueba multivariada de Royston, $p < 0,001$). La matriz de correlación mostró altos valores para EC_2 , níquel (Ni), vanadio (V), toda la especiación química del carbono orgánico (OC), magnesio (Mg) y hierro (Fe), asociados a combustión exhaust. También se identificaron correlaciones con antimonio (Sb), arsénico (As) y molibdeno (Mo), vinculados a combustión non-exhaust. La prueba de Bartlett indicó que la matriz de correlaciones difiere de la identidad, lo que evidencia dependencia entre los elementos químicos. Al aplicar el criterio de Kaiser, se establecieron ocho componentes principales, que explicaron el 85,86% de la varianza total.

Según la validación realizada por la experta temática, el factor 1 (36,56% de la varianza) estuvo dominado por componentes químicos asociados a tráfico exhaust. El factor 2 combinó aportes de polvo suspendido industrial y tráfico non-exhaust, mientras que el factor 3 se relacionó con compuestos secundarios y material resuspendido. Al calcular la proporción del PM2,5 asociado al tráfico vehicular a nivel individual a partir de la masa total, el promedio de exposición fue de 6,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (DE: 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) con rangos de concentración entre 2,14 y 8,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.4. Análisis de la información relacionada al tráfico vehicular.

En la comuna 16 se identificó una autopista urbana en el límite occidental, 70 vías arterias y 26 vías colectoras. En el área de estudio se registraron 4 vías arterias y 6 colectoras. Solo se dispuso de datos de velocidad promedio y aforo vehicular para una arteria y una colectora: la primera presentó una velocidad promedio de 25 km/h con 680 vehículos/día, y la segunda, 15,2 km/h con 624 vehículos/día.



3.5. Análisis de asociación

Debido al bajo número de casos incidentes cardiovasculares (81/1260), el análisis de asociación se limitó a casos respiratorios (1179/1260), considerando únicamente el primer caso reportado durante el seguimiento (459/1260). Para PM2.5, ningún sitio de residencia de los participantes superó la concentración anual de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; por ello, los modelos se ajustaron según la meta 3 de la OMS (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), tomando como referencia exposiciones inferiores a este valor.

No se encontraron asociaciones entre PM2.5 y la morbilidad de casos respiratorios en la cohorte total ni en los grupos de edad extrema (<5 y ≥ 60 años) (Tabla 3), resultado que se replicó en el análisis por agudos y crónicos y en la proporción asociada al tráfico vehicular.

En contraste, el NO2 mostró asociaciones significativas en modelos ajustados por variables demográficas, antecedentes personales y nivel socioeconómico. La exposición anual superior a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ incrementó el riesgo de casos respiratorios en un 26% (HR: 1,26; IC95%: 1,00–1,57), con estimaciones similares en menores de 5 años (HR: 1,26; IC95%: 1,00–1,57) y en mayores de 60 años (HR: 1,27; IC95%: 1,01–1,59) (Tabla 3). No se observaron asociaciones para NO2 en casos agudos o crónicos. Finalmente, la residencia a menos de 30 m de una vía principal no mostró significancia estadística, aunque se identificaron tendencias consistentes en la magnitud del riesgo (Tabla 3).



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

SOSTENIBILIDAD 2025

Tabla 3. Análisis estadístico de modelos de COX, variables de contaminación asociada al tráfico (PM_{2.5}, NO₂, proporción del PM_{2.5} asociado al tráfico vehicular y distancia a vía principal) y morbilidad de enfermedades respiratorias, Comuna 16, cohorte MEDELLÍN, 2021.

Variable de exposición (valor de exposición)	Modelo	valor de p	Hazard Ratio (HR)	Intervalo de confianza (IC)		valor de p	Hazard Ratio (HR)	Intervalo de confianza (IC)		valor de p	Hazard Ratio (HR)	Intervalo de confianza (IC)	
				Inferior	Superior			Inferior	Superior			Inferior	Superior
						Población Total			Grupo de Riesgo edad menor a 5 años			Grupo de Riesgo edad mayor a 60 años	
PM _{2.5} (>15 µg/m³) *	1	0,625	1,061	0,838	1,343	0,896	1,016	0,802	1,286	0,568	1,071	0,846	1,356
	2	0,602	1,065	0,841	1,348	0,881	1,018	0,804	1,289	0,557	1,073	0,848	1,359
	3	0,789	1,037	0,797	1,348	0,892	1,018	0,783	1,325	0,766	1,041	0,800	1,353
Proporción del PM _{2.5} asociado al tráfico vehicular (>6,07 µg/m³) **	1	0,549	1,062	0,872	1,294	0,849	1,019	0,837	1,242	0,559	1,061	0,871	1,292
	2	0,625	1,05	0,862	1,28	0,868	1,017	0,835	1,239	0,574	1,058	0,869	1,289
	3	0,938	0,991	0,791	1,242	0,829	0,976	0,779	1,222	0,995	0,999	0,798	1,252
NO ₂ (>60 µg/m³) ***	1	0,056	1,209	0,995	1,467	0,266	1,146	0,902	1,457	0,084	1,188	0,977	1,444
	2	0,119	1,169	0,961	1,422	0,202	1,135	0,934	1,379	0,98	1,179	0,97	1,434
	3	0,045	1,258	1,005	1,574	0,044	1,257	1,006	1,571	0,038	1,268	1,013	1,588
Distancia a vía principal (<30 metros) ****	1	0,183	1,309	0,881	1,944	0,229	1,275	0,858	1,895	0,19	1,303	0,877	1,935
	2	0,186	1,306	0,879	1,94	0,229	1,275	0,858	1,895	0,19	1,303	0,877	1,935
	3	0,247	1,294	0,837	2,001	0,314	1,25	0,809	1,932	0,24	1,299	0,84	2,009

* exposición superior a la meta intermedia 3 de la OMS; ** exposición valor por encima de la media de las concentraciones; *** exposición superior al límite máximo permisible establecido por la resolución 2254 de 2017 para NO₂ en Colombia; **** exposición según la distancia del lugar de residencia a la vía principal inferior a 30 metros.

Modelo 1: ajustado por edad y sexo

Modelo 2: ajustado por edad, sexo, presencia de comorbilidad y exposición al humo de cigarrillo

Modelo 3: ajustado por edad, sexo, presencia de comorbilidad y exposición al humo de cigarrillo e Índice de Pobreza Multidimensional

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 55 | Correo: 19 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





4. DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que la contaminación asociada al tráfico vehicular incrementó el riesgo de morbilidad respiratoria en menores de 5 años y mayores de 60, grupos de especial vulnerabilidad. Las elevadas concentraciones de NO₂, principal contaminante emitido por fuentes móviles, refuerzan el papel del transporte urbano como fuente dominante de emisiones, donde los distintos modos —particular, masivo y activo— condicionan los niveles de exposición poblacional (4).

Este es uno de los primeros estudios en Colombia que analiza datos de cohorte en relación con el TRAP (Traffic-Related Air Pollution). En Bogotá, el estudio ITHACA evaluó la asociación del PM_{2.5} y el carbono negro (BC) con la salud respiratoria en usuarios de distintos modos de transporte (29,47); sin embargo, su alcance fue limitado para estimar impactos en salud, ya que se basó en autopercepciones. En la misma ciudad, otra investigación examinó como los cambios en la oferta de transporte y la capacidad vial afectan las emisiones de contaminantes atmosféricos. Aunque sus resultados describen la exposición en vías principales, no incluyen un análisis de efectos en salud (48).

En Perú, en 2018, se desarrolló una cohorte de niños y adolescentes de 9 a 19 años con diagnóstico previo de asma, con el objetivo de estimar los cambios en el control de la enfermedad asociados a la exposición a PM_{2.5}, NO₂ y BC, medida en los lugares de residencia de los participantes (25,26), a diferencia de la cohorte MEDELLÍN, en donde la exposición se asignó mediante modelos LUR, metodología validada por consorcios internacionales como el estudio ESCAPE (39,40), e incorporó datos de registros de atención en salud validados en estudios poblacionales, como los de carga local de enfermedad (30,31). Los datos de exposición presentaron buena representatividad para ambos contaminantes (PM_{2.5}: 82%; NO₂: 57%), lo que indica baja incertidumbre en la estimación según el lugar de residencia. En cuanto a la información de atención en salud, aunque existe subregistro en los datos de morbilidad, se reconoce que los registros de Medellín y Antioquia tienen la mayor calidad en el país (49,50).

En el caso del PM_{2.5}, los niveles registrados fueron inferiores a la norma nacional; no obstante, el 80,7% de la muestra superó la meta intermedia 3 de la OMS (15 µg/m³). Este patrón coincide con lo reportado por Piñeros-Jiménez et al. para la misma cohorte en 2018–2019, lo que sugiere una tendencia general a la disminución de la exposición (34). Este estudio constituye el primer reporte nacional de exposición a NO₂ por lugar de residencia, donde el 63,7% de la muestra excedió el límite de 60 µg/m³ establecido en la norma colombiana y el 98% sobrepasó todas las metas intermedias de la OMS. Este hallazgo es relevante dada la fuerte asociación de este contaminante con efectos adversos en salud, documentada en análisis recientes de la Carga Global de Enfermedad 2021 (5,6). A escala urbana, los informes oficiales de calidad del aire muestran un aumento sostenido en las concentraciones anuales de NO₂, lo que demanda vigilancia e intervención por parte de la autoridad ambiental (51,52).

Las elevadas concentraciones de NO₂ podrían estar relacionadas con cambios en la química atmosférica derivados de la reactivación económica pospandemia. En China, entre abril y mayo de 2021, el reinicio progresivo de la actividad industrial coincidió con incrementos en contaminantes asociados al tráfico, posiblemente vinculados al mayor uso de vehículos y transporte público por parte de trabajadores (53). De forma similar, un estudio en el norte de India reportó que, durante diversas fases de reactivación económica, las concentraciones de NO₂ aumentaron cerca de un 295%, atribuibles al incremento de emisiones en áreas densamente pobladas (54). Asimismo, los modelos LUR de NO₂, pese a incorporar múltiples variables y métricas de tráfico y carreteras, no reflejaron gran variabilidad en las concentraciones, lo que sugiere que las reacciones secundarias podrían constituir una fuente relevante de este contaminante (36).

La caracterización química del PM_{2.5} asociado al tráfico vehicular explicó el 36,6% de la varianza global, valor que, aunque algunos autores consideran bajo, resulta metodológicamente relevante. En el Análisis de Componentes Principales (PCA), una mayor varianza implica mayor capacidad explicativa, por lo que este hallazgo constituye un insumo clave para comprender el perfil epidemiológico del TRAP en Medellín, un



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

campo aún incipiente en la región (55–57). En línea con lo reportado por estudios en Estados Unidos, que emplearon PCA para identificar fuentes de contaminación antes de analizar su impacto en salud (58), nuestros resultados refuerzan la pertinencia de esta aproximación metodológica en contextos urbanos latinoamericanos.

En contraste, el inventario oficial de emisiones atribuye el 91% de la contaminación atmosférica a fuentes móviles (32), cifra considerablemente superior a la proporción estimada en este estudio. Dicho inventario, basado en el modelo LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System), integra variables energéticas, productivas y del transporte, pero depende de estimaciones internacionales y supuestos generales que introducen alta incertidumbre para fines epidemiológicos. Además, se reconoce la falta de información de campo sobre el parque automotor, particularmente de carga, sujeto a modificaciones ilegales como la conversión de gasolina a diésel (32).

Ante estas limitaciones, nuestros hallazgos ofrecen evidencia empírica y localizada que complementa y contrasta con el inventario oficial. La caracterización química del PM_{2.5} aporta información directa de las fuentes de emisión en el área de estudio, lo que resulta más apropiado para evaluar riesgos en salud que estimaciones macro basadas en modelos. Sin embargo, dada la heterogeneidad urbana, estos resultados no deben extrapolarse a toda la ciudad. De ahí la necesidad de ampliar la caracterización química a distintos sectores, idealmente en los cuatro puntos cardinales, con el fin de capturar variaciones socioeconómicas y urbanas y generar insumos más sólidos para la gestión en salud pública y ambiental.

En cuanto a la morbilidad, el 76,4% de los casos correspondió a infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00–J06, 59,1%) y otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20–J22, 17,3%). Estos diagnósticos se han asociado globalmente a la contaminación del aire; por ejemplo, en Hong Kong (2001–2007) las hospitalizaciones por dichos eventos aumentaron 1,6% NO₂ y 1% para PM₁₀ (18), y en cuatro ciudades de China (2015–2018) la exposición a corto plazo a PM_{2.5} incrementó 1,1% las consultas pediátricas por J00–J06 (59) en donde el 30% de los eventos correspondió a este mismo diagnóstico en menores de 14 años, lo que evidencia una alta carga en una población vulnerable, acentuada por condiciones socioeconómicas desfavorables, configurando un escenario de desigualdad en la exposición (60).

Nuestro estudio asumió la exposición de 2021 como la exposición para todo el periodo, dado que este año contaba con la información más completa sobre TRAP. Esta estrategia metodológica, utilizada en estudios como ESCAPE, ha empleado concentraciones anuales de un año de referencia (por ejemplo, 2010) para estimar la exposición en cohortes seguidas entre la década de 1990 y principios de 2000, como insumo inicial para evaluar los efectos de la contaminación en ausencia de mediciones previas (39,40).

En nuestro estudio, NO₂ mostró un riesgo significativo tras el ajuste por hábitos, comorbilidades e Índice de Pobreza Multidimensional, con HR entre 1,26 (IC95%: 1,05–1,57) y 1,27 (IC95%: 1,01–1,59) en la muestra total y en los grupos de edades extremas. En Latinoamérica, este contaminante ha sido asociado con eventos respiratorios en estudios ecológicos, especialmente en menores de 18 años, contribuyendo a la incidencia de asma y a las hospitalizaciones (5,6,20–22). En Perú, una cohorte de niños y adolescentes asmáticos (9–19 años) evidenció un empeoramiento de la enfermedad asociado al NO₂ (25,26). En Colombia, un análisis en cuatro ciudades principales reportó incrementos en el riesgo de visitas a urgencias por enfermedad respiratoria entre 1,74 y 2,41 según las concentraciones de NO₂ (28). En Bogotá, una cohorte de 722 pacientes con EPOC ≥ 40 años mostró que, a corto plazo, no hubo asociación significativa; sin embargo, a largo plazo y con concentraciones $>25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el riesgo aumentó (HR: 1,49; IC95%: 1,12–1,98) (61,62). El NO₂ proviene principalmente de la combustión de combustibles fósiles en fuentes móviles (63,64), aunque también puede originarse secundariamente por reacciones atmosféricas con otros contaminantes y compuestos químicos (65,66).

En nuestro estudio, el PM_{2.5} y su proporción asociada al tráfico vehicular no mostró asociación con la morbilidad de casos respiratorios. A diferencia de estudios de cohorte con grandes poblaciones (39,40,58,67), nuestra muestra fue reducida, lo que puede influir en los resultados. La reducción obedeció a que la





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

caracterización química se realizó exclusivamente en la Comuna 16, sin datos disponibles para el resto de la ciudad. Esta decisión se sustenta en que, aunque la masa total de contaminación urbana puede ser similar entre zonas, las fuentes de emisión y sus características químicas difieren. Así, asumir que el perfil químico en Belén —zona de alta densidad poblacional, predominio de vías arterias y colectoras, y tránsito de vehículos pesados provenientes de industrias de canteras y ladrilleras cercanas— es comparable al de Aranjuez, con alta densidad poblacional pero menor complejidad vial e industrial, podría inducir errores en la interpretación.

En relación con la distancia a una vía principal <30 m, aunque se observaron Hazard Ratios entre 1,25 y 1,31, estos no fueron estadísticamente significativos. Esto podría deberse a que solo el 4,91% de la muestra presentó dicha exposición. Sin embargo, la tendencia observada sugiere que un tamaño muestral mayor podría evidenciar una asociación significativa. El uso de la distancia a vías principales como proxy del fenómeno TRAP es frecuente en la literatura científica y se ha estudiado mediante diversas metodologías. Investigaciones previas han asociado esta proximidad con mayor riesgo de casos cardiovasculares (67,68), sobrepeso en niños de 4 a 6 años (69), así como con mayor prevalencia de asma y reducción de la función pulmonar en adultos de 45 a 50 años (70).

Como fortalezas de nuestro estudio, Aunque en Medellín se han estudiado de forma general los efectos de la contaminación del aire sobre la salud, solo hasta 2021 fue posible analizar su asociación específica con el tráfico, gracias a la disponibilidad de datos de concentraciones vinculadas a este fenómeno para ese año. La cohorte de referencia constituye una de las primeras en Colombia en evaluar la relación entre contaminación atmosférica y morbilidad en poblaciones susceptibles, aportando una línea de base para investigaciones futuras sobre el impacto del tráfico en la salud en la ciudad.

Como limitaciones del estudio, se evidenció que las exposiciones se estimaron con datos de 2021, mientras que el seguimiento de casos en salud abarcó 2009–2021, lo que impide evaluar variaciones temporales de PM_{2.5} y NO₂. No obstante, este enfoque ha sido validado en otros estudios de cohorte (39,40). Asimismo, los modelos de supervivencia para PM_{2.5}, su proporción asociada al tráfico vehicular y la proximidad a vías principales no mostraron asociaciones significativas, posiblemente por la limitada representatividad de los datos de exposición.

Por último, como recomendaciones, es necesario profundizar en el estudio del transporte desde la salud ambiental, integrando los resultados en el marco del modelo de fuerzas motrices (71) para fortalecer la evidencia sobre estado, exposición y efectos. Los hallazgos constituyen un insumo relevante para la formulación de políticas públicas orientadas al control de emisiones, considerando que, para 2030, la normativa colombiana establece límites más estrictos para PM_{2.5} (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y NO₂ (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

5. Conclusiones

Los resultados muestran que los niveles anuales de PM_{2.5} no cumplen con el valor recomendado por la OMS pero dan cumplimiento a sus metas intermedias, mientras que el NO₂ excede dichos lineamientos. Se estimó que el 36% del PM_{2.5} proviene del tráfico vehicular y un riesgo de atención por enfermedad respiratoria por una exposición a NO₂ superior a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos hallazgos representan un avance en el análisis del fenómeno en la ciudad y país, donde se plantea la necesidad de dar continuidad al monitoreo del TRAP mediante mediciones o estimaciones sostenidas a largo plazo. En el ámbito de las políticas públicas, el estudio aporta información de referencia para evaluar la efectividad de estrategias de intervención, mitigación y control de emisiones móviles, integrando la perspectiva de salud pública y salud ambiental.

6. Fuente de financiación

Proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e innovación de Colombia con recursos del Sistema General de Regalías. BPIN:2020000100410

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





7. Agradecimientos

Agradecemos a Miriam Gómez Marín, investigadora principal del programa de investigación: Desarrollo de un programa de gestión del conocimiento en contaminación atmosférica y sus efectos en la salud en el Valle de Aburrá, Antioquia, y al Grupo en Higiene y Gestión Ambiental GHYGAM del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, los cuales aportaron de manera significativa al desarrollo de la presente investigación en la entrega de información relacionada con la caracterización química del PM2.5, datos del estudio de cohorte y en la validación del análisis de componentes principal. De igual forma agradecemos a Laura Rodríguez-Villamizar por permitirnos la utilización de la información de concentraciones de PM2.5 y NO2 para Medellín el cual fue un insumo importante para este estudio, a Francisco Javier Aguirre por su apoyo en el análisis de componentes principales y de asociación multivariada y a Santiago Mejía Osorio por su apoyo en la generación de estimaciones del PM2.5 y NO2. Adicionalmente agradecemos a la Facultad Nacional de Salud Pública, y a los integrantes del Grupo de Investigación Salud y Ambiente de la Universidad de Antioquia por su valiosa contribución.

8. Conflictos de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

9. References

1. World Health Organization. Public health and environment [Internet]. 2023 [citado el 8 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/public-health-and-environment>
2. Health Effects Institute. State of Global Air 2020. Special Report. Boston, MA [Internet]. [citado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.stateofglobalair.org/>
3. Siegel EL, Ghassabian A, Hipwell AE, Factor-Litvak P, Zhu Y, Steinthal HG, et al. Indoor and outdoor air pollution and couple fecundability: a systematic review. Hum Reprod Update. el 1 de febrero de 2023;29(1):45–70.
4. Samet JM. Pollution. En: Galea S, Ettman CK, Vlahov D, editores. Urban Health [Internet]. Oxford University Press; 2019 [citado el 9 de abril de 2025]. p. 0. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/oso/9780190915858.003.0013>
5. GBD 2021 Risk Factors Collaborators. Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. Lancet Lond Engl. el 18 de mayo de 2024;403(10440):2162–203.
6. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. Lancet Lond Engl. el 18 de mayo de 2024;403(10440):2133–61.
7. Matz CJ, Egyed M, Hocking R, Seenundun S, Charman N, Edmonds N. Human health effects of traffic-related air pollution (TRAP): a scoping review protocol. Syst Rev. el 29 de agosto de 2019;8(1):223.
8. Kim KH, Kumar P, Szulejko JE, Adelodun AA, Junaid MF, Uchimiya M, et al. Toward a better understanding of the impact of mass transit air pollutants on human health. Chemosphere. el 1 de mayo de 2017;174:268–79.
9. Zhang Q, Du X, Li H, Jiang Y, Zhu X, Zhang Y, et al. Cardiovascular effects of traffic-related air pollution: A multi-omics analysis from a randomized, crossover trial. J Hazard Mater. el 5 de agosto de 2022;435:129031.
10. Young MT, Jansen K, Cosselman KE, Gould TR, Stewart JA, Larson T, et al. Blood Pressure Effect of Traffic-Related Air Pollution. Ann Intern Med. el 19 de diciembre de 2023;176(12):1586–94.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

11. Carey IM, Anderson HR, Atkinson RW, Beevers S, Cook DG, Dajnak D, et al. Traffic pollution and the incidence of cardiorespiratory outcomes in an adult cohort in London. *Occup Environ Med.* el 1 de diciembre de 2016;73(12):849–56.
12. Wang T, Xu H, Zhu Y, Sun X, Chen J, Liu B, et al. Traffic-related air pollution associated pulmonary pathophysiologic changes and cardiac injury in elderly patients with COPD. *J Hazard Mater.* el 15 de febrero de 2022;424:127463.
13. Paul KC, Haan M, Yu Y, Inoue K, Mayeda ER, Dang K, et al. Traffic-Related Air Pollution and Incident Dementia: Direct and Indirect Pathways Through Metabolic Dysfunction. *J Alzheimer's Dis.* el 18 de agosto de 2020;76(4):1477–91.
14. Blanco MN, Shaffer RM, Li G, Adar SD, Carone M, Szpiro AA, et al. Traffic-related air pollution and dementia incidence in the Adult Changes in Thought Study. *Environ Int.* el 1 de enero de 2024;183:108418.
15. Ritz B, Lee PC, Hansen J, Lassen CF, Ketzel M, Sørensen M, et al. Traffic-Related Air Pollution and Parkinson's Disease in Denmark: A Case–Control Study. *Environ Health Perspect.* marzo de 2016;124(3):351–6.
16. Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* el 1 de junio de 2022;164:107262.
17. Levy JJ, Buonocore JJ, von Stackelberg K. Evaluation of the public health impacts of traffic congestion: a health risk assessment. *Environ Health.* el 27 de octubre de 2010;9(1):65.
18. Tian L, Qiu H, Pun VC, Lin H, Ge E, Chan JC, et al. Ambient Carbon Monoxide Associated with Reduced Risk of Hospital Admissions for Respiratory Tract Infections. *Am J Respir Crit Care Med.* el 15 de noviembre de 2013;188(10):1240–5.
19. Bi J, D'Souza RR, Moss S, Senthilkumar N, Russell AG, Scovronick NC, et al. Acute Effects of Ambient Air Pollution on Asthma Emergency Department Visits in Ten U.S. States. *Environ Health Perspect.* abril de 2023;131(4):047003.
20. Anenberg SC, Mohegh A, Goldberg DL, Kerr GH, Brauer M, Burkart K, et al. Long-term trends in urban NO₂ concentrations and associated paediatric asthma incidence: estimates from global datasets. *Lancet Planet Health.* el 1 de enero de 2022;6(1):e49–58.
21. Achakulwisut P, Brauer M, Hystad P, Anenberg SC. Global, national, and urban burdens of paediatric asthma incidence attributable to ambient NO₂ pollution: estimates from global datasets. *Lancet Planet Health.* el 1 de abril de 2019;3(4):e166–78.
22. Carvalho PC, Nakazato LF, Nascimento LFC. Exposure to NO₂ and children hospitalization due to respiratory diseases in Ribeirão Preto, SP, Brazil. *Ciênc Saúde Coletiva.* agosto de 2018;23:2515–22.
23. Almeida L de O, Favaro A, Raimundo-Costa W, Anhê ACBM, Ferreira DC, Blanes-Vidal V, et al. Influence of urban forest on traffic air pollution and children respiratory health. *Environ Monit Assess.* el 3 de febrero de 2020;192(3):175.
24. Shields KN, Cavallari JM, Hunt MJO, Lazo M, Molina M, Molina L, et al. Traffic-related air pollution exposures and changes in heart rate variability in Mexico City: a panel study. *Environ Health Glob Access Sci Source.* el 18 de enero de 2013;12:7.
25. Bose S, Romero K, Psoter KJ, Curriero FC, Chen C, Johnson CM, et al. Association of traffic air pollution and rhinitis quality of life in Peruvian children with asthma. *PLOS ONE.* el 21 de marzo de 2018;13(3):e0193910.
26. Hansel NN, Romero KM, Pollard SL, Bose S, Psoter KJ, J. Underhill L, et al. Ambient Air Pollution and Variation in Multiple Domains of Asthma Morbidity among Peruvian Children. *Ann Am Thorac Soc.* marzo de 2019;16(3):348–55.
27. Marín D, Herrera V, Piñeros-Jiménez JG, Rojas-Sánchez OA, Mangones SC, Rojas Y, et al. Long-term exposure to PM_{2.5} and cardiorespiratory mortality: an ecological small-area study in five cities in Colombia. *Cad Saúde Pública.* el 25 de abril de 2025;41:e00071024.
28. Rodríguez-Villamizar LA, Rojas-Roa NY, Fernández-Niño JA. Short-term joint effects of ambient air pollutants on emergency department visits for respiratory and circulatory diseases in Colombia, 2011–2014. *Environ Pollut.* el 1 de mayo de 2019;248:380–7.





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

29. Malagón-Rojas JN, Parra-Barrera EL, Toloza-Pérez YG, Soto H, Lagos LF, Mendez D, et al. Assessment of Factors Influencing Personal Exposure to Air Pollution on Main Roads in Bogotá: A Mixed-Method Study. *Medicina (Mex)*. agosto de 2022;58(8):1125.
30. Gonzalez D, Porras S, Montealegre N, Nieto E, Piñeros JG. Mortalidad atribuible a PM2.5 y ozono en los municipios del Valle de Aburrá y sus costos económicos, 2008-2019. [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Salud-publica/Mortalidad-Atribuible-Contaminacion-2008-2019.pdf>
31. Grisales-Romero H, Piñeros-Jiménez JG, Nieto E, Porras-Cataño S, Montealegre N, González D, et al. Local attributable burden disease to PM 2.5 ambient air pollution in Medellín, Colombia, 2010–2016. *F1000Research*. el 6 de diciembre de 2021;10:428.
32. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Actualización Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá -Año 2018 [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario-de-Emisiones-2018.pdf>
33. Szklo M, Nieto F. Epidemiología intermedia: conceptos y aplicaciones. Ediciones Díaz de Santos. Madrid; 2003.
34. Piñeros-Jiménez JG, Grisales-Vargas SC, Mejía-Osorio S, Ramírez-Vélez AM. Evaluación de la exposición de largo plazo al material particulado fino (PM2.5) en el estudio de la cohorte MEDELLIN. *Rev Fac Nac Salud Pública*. el 10 de marzo de 2025;43:e357114–e357114.
35. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Informe final Convenio interadministrativo 671 de 2021 “AUNAR ESFUERZOS PARA EL USO DE TÉCNICAS ANALÍTICAS NUCLEARES PARA EL ESTUDIO DE LA EMISIÓN Y LA RECEPCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO POR PARTE DE LOS GRANDES CENTROS URBANOS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Y OPERADOR TÉCNICO DE LAS MESAS DE GOBERNANZA DEL PIGECA” [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Informe-Final-Characterizacion-Fase-IV.pdf>
36. Rodríguez-Villamizar LA, Rojas Y, Grisales S, Mangones SC, Cáceres JJ, Agudelo-Castañeda DM, et al. Intra-urban variability of long-term exposure to PM2.5 and NO2 in five cities in Colombia. *Environ Sci Pollut Res*. el 1 de enero de 2024;31(2):3207–21.
37. Brunekreef B, Strak M, Chen J, Andersen ZJ, Atkinson R, Bauwelinck M, et al. Mortality and Morbidity Effects of Long-Term Exposure to Low-Level PM2.5, BC, NO2, and O3: An Analysis of European Cohorts in the ELAPSE Project. *Res Rep Health Eff Inst*. septiembre de 2021;2021(208):1–127.
38. Fuks KB, Weinmayr G, Foraster M, Dratva J, Hampel R, Houthuijs D, et al. Arterial blood pressure and long-term exposure to traffic-related air pollution: an analysis in the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Environ Health Perspect*. septiembre de 2014;122(9):896–905.
39. Beelen R, Hoek G, Vienneau D, Eeftens M, Dimakopoulou K, Pedeli X, et al. Development of NO2 and NOx land use regression models for estimating air pollution exposure in 36 study areas in Europe – The ESCAPE project. *Atmos Environ*. el 1 de junio de 2013;72:10–23.
40. Eeftens M, Tsai MY, Ampe C, Anwander B, Beelen R, Bellander T, et al. Spatial variation of PM2.5, PM10, PM2.5 absorbance and PMcoarse concentrations between and within 20 European study areas and the relationship with NO2 – Results of the ESCAPE project. *Atmos Environ*. el 1 de diciembre de 2012;62:303–17.
41. Jacquemin B, Siroux V, Sanchez M, Carsin AE, Hansell A, Buschka A, et al. Traffic related air pollution and adult asthma incidence: the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *ISEE Conf Abstr*. el 19 de septiembre de 2013;2013(1):3803.
42. Cai Y, Schikowski T, Adam M, Buschka A, Carsin AE, Jacquemin B, et al. Cross-sectional associations between air pollution and chronic bronchitis: an ESCAPE meta-analysis across five cohorts. *Thorax*. noviembre de 2014;69(11):1005–14.
43. Dawidowski L, Gelman Constantin J, Herrera Murillo J, Gómez-Marín M, Nogueira T, Blanco Jiménez S, et al. Carbonaceous fraction in PM2.5 of six Latin American cities: Seasonal variations,





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- sources and secondary organic carbon contribution. *Sci Total Environ.* el 20 de octubre de 2024;948:174630.
44. Alcaldía de Medellín. Portal GeoMedellín [Internet]. 2022 [citado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/geomedellin>
 45. Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 2254, por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones [internet]. 2017 nov. 1 [citado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-2254-de-2017/>
 46. Organización Mundial de la Salud. Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire. Materia particulada (MP2.5 y MP10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono [internet]. 2021 [citado el 9 de abril de 2025]. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf>.
 47. Malagon-Rojas JN, Pinzón-Silva DC, Parra EL, M LFL, Toloza-Perez YG, Florez LJH, et al. Assessment of Personal Exposure to Particulate Air Pollution in Different Microenvironments and Traveling by Several Modes of Transportation in Bogotá, Colombia: Protocol for a Mixed Methods Study (ITHACA). *JMIR Res Protoc.* el 31 de enero de 2022;11(1):e25690.
 48. Mangones SC, Jaramillo P, Rojas NY, Fischbeck P. Air pollution emission effects of changes in transport supply: the case of Bogotá, Colombia. *Environ Sci Pollut Res.* el 1 de octubre de 2020;27(29):35971–8.
 49. Huguett Aragón CM. Calidad de los registros individuales de prestación de servicios como fuente de información para el sistema de vigilancia en salud pública en Colombia. [Tesis de Maestría] Bogotá: Universidad de los Andes; 2014 [citado el 29 de julio de 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/1992/12516>
 50. Rendón Cano D. Calidad de datos en los Registros Individuales de Prestación de Servicios de Salud-RIPS reportados por los municipios del suroriente antioqueño a la Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia 2022. [Tesis de Pregrado] Medellín: Universidad de Antioquia; 2024 [citado el 29 de julio de 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/44544>
 51. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Informe anual de calidad del aire 2019 [Internet]. [citado el 6 de mayo de 2025]. Disponible en: https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/informes_red_calidaddeaire/Informe%20Anual%20Aire%202019.pdf
 52. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Informe anual de calidad del aire 2021 [Internet]. [citado el 6 de mayo de 2025]. Disponible en: https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/informes_red_calidaddeaire/Informe-Anual-Aire-2021.pdf
 53. Zheng Y. Air pollution and post-COVID-19 work resumption: evidence from China. *Environ Sci Pollut Res.* el 1 de marzo de 2022;29(12):17103–16.
 54. Shukla S, Khan R, Saxena A, Sekar S, Ali EF, Shaheen SM. Appraisal of COVID-19 lockdown and unlocking effects on the air quality of North India. *Environ Res.* el 1 de marzo de 2022;204:112107.
 55. Bhattarai H, Saikawa E, Wan X, Zhu H, Ram K, Gao S, et al. Levoglucosan as a tracer of biomass burning: Recent progress and perspectives. *Atmospheric Res.* el 15 de mayo de 2019;220:20–33.
 56. Simoneit BRT. Biomass burning — a review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. *Appl Geochem.* el 1 de marzo de 2002;17(3):129–62.
 57. Thorpe A, Harrison RM. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: A review. *Sci Total Environ.* el 1 de agosto de 2008;400(1):270–82.
 58. Thurston GD, Burnett RT, Turner MC, Shi Y, Krewski D, Lall R, et al. Ischemic Heart Disease Mortality and Long-Term Exposure to Source-Related Components of U.S. Fine Particle Air Pollution. *Environ Health Perspect.* junio de 2016;124(6):785–94.
 59. Li Y, Li C, Liu J, Meng C, Xu C, Liu Z, et al. An association between PM2.5 and pediatric respiratory outpatient visits in four Chinese cities. *Chemosphere.* el 1 de octubre de 2021;280:130843.
 60. I, Cavaleiro Rufo J, Moreira A. Environmental inequality: Air pollution and asthma in children. *Pediatr Allergy Immunol* [Internet]. 2022 [citado el 6 de mayo de 2025];33(6). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/pai.13818>





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

61. López ABH, Torres-Duque CA, Arbeláez MP, Roa NYR, Riojas-Rodríguez H, Sangrador JLT, et al. Short-term effect of air pollution exposure on COPD exacerbations: a time series study in Bogota, Colombia. *Air Qual Atmosphere Health*. el 1 de diciembre de 2024;17(12):2775–87.
62. Herrera López AB, Rojas NY, Riojas-Rodríguez H, Texcalac-Sangrador JL, Torres-Duque CA, Herrera AC, et al. Long-Term Effect of Air Pollution on COPD Exacerbations: AIREPOC Cohort in Bogotá, Colombia. *Atmosphere*. diciembre de 2024;15(12):1449.
63. Cheng C, Yu R, Chen Y, Yan Y, Hu G, Wang S. Quantifying the source and formation of nitrate in PM_{2.5} using dual isotopes combined with Bayesian mixing model: A case study in an inland city of southeast China. *Chemosphere*. el 1 de diciembre de 2022;308:136097.
64. Wang C, Duan W, Cheng S, Jiang K. Emission inventory and air quality impact of non-road construction equipment in different emission stages. *Sci Total Environ*. el 1 de enero de 2024;906:167416.
65. Choi NR, Ahn YG, Lee JY, Kim E, Kim S, Park SM, et al. Particulate Nitrosamines and Nitramines in Seoul and Their Major Sources: Primary Emission versus Secondary Formation. *Environ Sci Technol*. el 15 de junio de 2021;55(12):7841–9.
66. Zhang X, Murakami T, Wang J, Aikawa M. Sources, species and secondary formation of atmospheric aerosols and gaseous precursors in the suburb of Kitakyushu, Japan. *Sci Total Environ*. el 1 de abril de 2021;763:143001.
67. Sofianopoulou E, Kaptoge S, Gräf S, Hadinnapola C, Treacy CM, Church C, et al. Traffic exposures, air pollution and outcomes in pulmonary arterial hypertension: a UK cohort study analysis. *Eur Respir J* [Internet]. el 30 de mayo de 2019 [citado el 6 de mayo de 2025];53(5). Disponible en: <https://publications.ersnet.org/content/erj/53/5/1801429>
68. Alexeeff SE, Roy A, Shan J, Liu X, Messier K, Apte JS, et al. High-resolution mapping of traffic related air pollution with Google street view cars and incidence of cardiovascular events within neighborhoods in Oakland, CA. *Environ Health*. el 15 de mayo de 2018;17(1):38.
69. Bloemsma LD, Dabelea D, Thomas DSK, Peel JL, Adgate JL, Allshouse WB, et al. Prenatal exposure to ambient air pollution and traffic and indicators of adiposity in early childhood: the Healthy Start study. *Int J Obes*. marzo de 2022;46(3):494–501.
70. Bowatte G, Erbas B, Lodge CJ, Knibbs LD, Gurrin LC, Marks GB, et al. Traffic-related air pollution exposure over a 5-year period is associated with increased risk of asthma and poor lung function in middle age. *Eur Respir J* [Internet]. el 26 de octubre de 2017 [citado el 6 de mayo de 2025];50(4). Disponible en: <https://publications.ersnet.org/content/erj/50/4/1602357>
71. Kjellström T, Corvalán C. Framework for the development of environmental health indicators. *World Health Stat Q Rapp Trimest Stat Sanit Mond*. 1995;48(2):144–54.





Evaluación de remociones de gases de efecto invernadero en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Dora Luz Yepes Palacio¹, Miriam Gómez Marín² y Mauricio Usma Rodríguez³

^{1,2,3}Institución universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Medellín, Colombia

¹dlyepes@elpoli.edu.co, ²mgomez@elpoli.edu.co, ³mauricio_usma87201@elpoli.edu.co

Resumen. En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) “Acción por el Clima” y “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, se evalúan las remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (PCJIC), específicamente en las sedes principal El Poblado ubicada la ciudad de Medellín y Centro de Laboratorios y Experimentación localizado en el municipio de Bello. Se trata de un proyecto de investigación en curso que busca cuantificar la captura de carbono del arbolado institucional y actualizar el inventario corporativo de GEI, siguiendo los lineamientos metodológicos del Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) y las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006). La metodología cuantitativa descriptiva parte del análisis del último censo arbóreo institucional (Palacio, 2011) y de la elaboración del inventario completo para ambas sedes, combinando mediciones de campo y análisis estadísticos basados en el conteo y caracterización de los individuos arbóreos con diámetro a la altura del pecho ($DAP \geq 10$ cm). Se incluye la estimación de biomasa y carbono a través de modelos alométricos validados para especies tropicales (Chave et al., 2014) y la determinación de densidades de madera a partir de bases de datos internacionales como la Global Wood Density Database (Encyclopedia of Life, 2024). Los resultados iniciales permitieron calcular el carbono capturado, almacenado y la tasa de remoción anual, fortaleciendo el inventario institucional de GEI y evidenciando la contribución del capital natural a la estrategia nacional de carbono neutralidad. Estos resultados permitirán completar el inventario institucional de GEI y fortalecer la toma de decisiones climáticas a nivel institucional.

Palabras clave: Huella de carbono, Remociones de GEI, Inventario arbóreo, Captura de carbono, Sostenibilidad universitaria.

1. Introducción

El cambio climático constituye uno de los principales desafíos ambientales del siglo XXI, exacerbado por el incremento de gases de efecto invernadero (GEI) derivados de las actividades humanas. Este fenómeno ha generado transformaciones climáticas, pérdida de biodiversidad y afectaciones a la salud y la economía global. Frente a ello, las instituciones de educación superior (IES) desempeñan un papel fundamental en la generación de conocimiento y en la implementación de estrategias de mitigación y adaptación, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 “Acción por el Clima” y 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”.

En este contexto, el proyecto “Evaluación de remociones de emisiones de gases de efecto invernadero en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid” es desarrollado con una duración de doce (12) meses, financiado por la Convocatoria Interna de Investigación del PCJIC 2025 y dirigido por el grupo de investigación en Higiene y Gestión Ambiental - GHYGAM de la Facultad de Ingeniería.

El proyecto surge ante la necesidad de actualizar y complementar el Inventario Institucional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), elaborado previamente por el grupo GHYGAM al año base 2021, el cual estimó una generación total de 479,89 toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) para la sede El Poblado. Sin embargo, dicho inventario no incluyó la cuantificación de las remociones ni las reducciones de emisiones derivadas de



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

acciones ambientales implementadas por la institución, tales como, la instalación de sistemas fotovoltaicos, la modernización del alumbrado con tecnología LED y la gestión de residuos. Este déficit de conocimiento limita la toma de decisiones orientadas hacia la carbono neutralidad. Por ello, la investigación centra su análisis en la evaluación de las remociones de carbono, con el propósito de complementar y robustecer el INGEI existente. Se cuantificará la captura de carbono del arbolado institucional, incluyendo la biomasa y el carbono mediante modelos alométricos validados para especies tropicales (Chave et al., 2014) y densidades de madera obtenidas de bases de datos internacionales (Global Wood Density Database, 2024), luego se actualizará el inventario corporativo de GEI, siguiendo los lineamientos metodológicos del GHG Protocol y las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006).

De esta manera, el proyecto aporta al cumplimiento de los compromisos climáticos nacionales, al mejoramiento continuo del Sistema de Gestión Ambiental del Politécnico y al liderazgo académico de la institución en sostenibilidad y acción climática regional.

El presente artículo expone los avances parciales del proyecto de investigación enfocado en la evaluación de las remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en el PCJIC, con énfasis en los aspectos metodológicos desarrollados para la cuantificación del carbono capturado por el arbolado urbano en las sedes El Poblado y Centro de Laboratorios y Experimentación Bello. Los resultados presentados corresponden a la estimación de biomasa y carbono almacenado, los cuales constituyen una base científica sólida para la actualización del INGEI institucional y la formulación de estrategias orientadas hacia la neutralidad de carbono. En este sentido, los avances alcanzados representan una contribución significativa al fortalecimiento del INGEI institucional, quedando pendiente la estimación de las emisiones reducidas o evitadas asociadas a las acciones dirigidas de mitigación implementadas por la administración del PCJIC.

2. Objetivos

El proyecto tiene como propósito evaluar las remociones de gases de efecto invernadero (GEI) del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, a partir de la cuantificación de la captura de carbono del arbolado institucional y el análisis del impacto de las acciones climáticas implementadas, con el fin de fortalecer la gestión ambiental institucional y orientar estrategias hacia la carbono neutralidad.

El estudio se centró en la estimación de la captura de carbono en las sedes El Poblado y Centro de Laboratorios y Experimentación Bello, incorporando un enfoque técnico y metodológico basado en la aplicación de modelos alométricos y factores de conversión establecidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006).

Los objetivos específicos incluyeron la cuantificación del carbono capturado por el arbolado institucional, la actualización del inventario corporativo de GEI mediante la incorporación de las remociones obtenidas conforme a los lineamientos del GHG Protocol y las guías del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, así como la propuesta de lineamientos técnicos y estratégicos orientados a la consolidación de un plan de carbono neutralidad institucional, en coherencia con los compromisos climáticos nacionales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y 13.

3. Aspectos metodológicos

El proyecto adopta un enfoque mixto (cuantitativo – cualitativo) de tipo descriptivo, orientado a la estimación de remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (PCJIC). La metodología incluye dos componentes, el primero basado en el procedimiento para estimar las remociones de carbono y en segundo lugar, en el cálculo de las emisiones GEI.

El proceso metodológico para estimar remociones se estructura en dos fases principales:



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- **Inventario forestal institucional:** Para la sede El Poblado se analizó la información del censo del arbolado urbano de 2011, a partir del cual se identificarán las especies más contribuyentes y se efectuarán estimaciones de la captura anual de carbono, debido a la absorción de CO₂ atmosférico y el carbono almacenado. Posteriormente se actualizó dicho inventario al año 2025. Para la sede de Laboratorios y experimentación Bello se llevó a cabo por primera vez el inventario de árboles durante el mes de octubre de 2025. En ambos casos, el trabajo se desarrolló aplicando el parámetro de medición del diámetro a la altura del pecho (DAP ≥ 10 cm), que corresponde al diámetro del tronco medido a 1,30 metros sobre el nivel del suelo, estándar utilizado internacionalmente en inventarios forestales y urbanos para estimar la biomasa y el carbono almacenado. Durante el levantamiento de la información se registraron los datos de las especies existentes, la altura total del individuo, el estado fitosanitario y la ubicación georreferenciada mediante GPS (Sistema de Posicionamiento Global), con el fin de integrar los datos a un sistema de información geográfica (SIG).
- **Estimación de biomasa y carbono:** Se aplicarán modelos alométricos específicos para especies urbanas andinas de bosques húmedos tropicales (Chave et al., 2014), empleando variables estructurales como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total y la densidad de la madera. La conversión de biomasa a carbono se realizará utilizando el factor de 0,47 propuesto por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2006).

De otro lado para la actualización del inventario institucional de GEI se integrarán las remociones estimadas al Inventario Institucional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) que fue validado al año base 2021, el cual se sustentó en los lineamientos del Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) y las Directrices del IPCC (2006) para inventarios nacionales de GEI. La metodología aplicó la herramienta de gestión para el cálculo corporativo de emisiones de GEI sugerida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS, 2021). Dicha herramienta permite la estimación estandarizada de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a nivel organizacional. El cálculo se fundamenta en el uso de datos de actividad, factores de emisión y diversos niveles de incertidumbre, definidos para los seis gases de efecto invernadero regulados por el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

La integración de las remociones estimadas al INGEI generará indicadores de desempeño ambiental institucional y permitirá formular propuestas asertivas para la estructuración del Plan Institucional de Mitigación de GEI. Asimismo, contribuirá al fortalecimiento de las políticas nacionales de carbono neutralidad y al cumplimiento de los compromisos climáticos asumidos por el país.

4. Resultados y discusiones

Para la sede El Poblado del PCJIC, el análisis preliminar del censo arbóreo institucional con base en el registro histórico de 2011 y los reportes de siembras efectuadas entre 2018 y 2019, arrojó los siguientes resultados: A partir de las mediciones de variables estructurales como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total, la condición fitosanitaria y la ubicación geográfica, y mediante la aplicación de modelos alométricos y densidades de madera, se censaron 430 individuos, correspondientes a diversas especies nativas, exóticas y ornamentales.

El uso de ecuaciones alométricas validadas atendiendo las sugerencias de (Chave et al., 2014) permitió identificar que las especies con mayor contribución son *Fraxinus uhdei* (Urapan) y *Spathodea campanulata* (Tulipán africano), destacan por su elevada capacidad de captura y almacenamiento de CO₂. La *Mangifera indica* (Mango) y *Tabebuia chrysantha* (Guayacán amarillo), las cuales presentan tasas anuales de captura de 40-80 kg CO₂/árbol, atribuible a su alta densidad de madera ($\rho > 0.60$ g/cm³), biomasa aérea robusta (DAP 40-60 cm), y crecimiento acelerado en condiciones urbanas. Las palmas (22% del inventario) muestran una



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

dinámica contrastante, aunque su almacenamiento es moderado (400-1,600 kg CO₂/ind) (Gómez, 2011). En la Imagen 1 se muestran las especies más representativas del campus, destacadas por su porte y su aporte a la remoción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Imagen 1. Especies arbóreas más representativas del PCJIC



Fuente. Elaboración propia

Este resultado inicial resalta la importancia de priorizar la conservación de las especies dentro del plan de manejo ambiental institucional. Cabe aclarar que, la captura de carbono se produce mediante la absorción del CO₂ atmosférico durante la fotosíntesis, mientras que el almacenamiento corresponde a la retención de este carbono en la biomasa aérea y subterránea de los árboles, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible acción por el clima y ciudades y comunidades sostenibles.

Siguiendo las recomendaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2019), se estimó una biomasa aérea total de 143,94 toneladas, equivalente a 67,65 toneladas de carbono almacenado y a una remoción anual aproximada de 248,06 toneladas de CO₂. En la Tabla 1 se relacionan algunas de las especies más representativas para la captura y remoción de CO₂ en sede Poblado del PCJIC.

Tabla 1. Especies más representativas para la captura y remoción de CO₂ en sede Poblado del PCJIC – Colombia

Especie	Cantidad	Densidad mader (g/cm ³)	Características Clave	CO ₂ Almacenado por árbol (kg)	Remoción Anual CO ₂ (kg/año)
ARBOLES MADERABLES					
Urapán	50	0,45	Alto crecimiento, troncos gruesos (40-60 cm)	1,200 – 2,500	30 - 60
Guayacán amarillo	14	0,70	Madera densa, nativa clave	1,200 – 2,500	35 – 70
Mango	28	0,65	Frutal de alta biomasa	1,500 – 3,000	40 - 80
Gualanday	34	0,5	Flores moradas, rápido crecimiento	1,000 – 2,000	30 - 55



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Especie	Cantidad	Densidad madera (g/cm ³)	Características Clave	CO ₂ Almacenado por árbol (kg)	Remoción Anual CO ₂ (kg/año)
ÁRBOLES ORNAMENTALES					
Tulipán Africano	47	0,32	Baja densidad flores rojas	800 – 1,800	25 - 50
Otros 8 individuos arbóreos	159	0,46	Árboles maderales, ornamentales y Palmas	625 - 1275	20 - 38

Elaboración propia con base en Palacio et., al (2011)

Este primer análisis permite evidenciar una capacidad de remoción entre 250-300 toneladas de CO₂eq. almacenadas en los 430 individuos censados. Considerando un total de emisiones de CO₂eq. de 479,98 tCO₂eq. para el PCJIC Poblado (Valderrama, Yepes, Marín, & Gómez, 2022), podría decirse que estas remociones alcanzan el 52% de las emisiones corporativas. Esta estimación representa una contribución cuantificable a la reducción de las emisiones reportadas en el INGEI institucional, evidenciando el papel del arbolado urbano como sumidero de carbono y su relevancia en las estrategias de mitigación de GEI, especialmente en las zonas de mayor cobertura y en los sectores perimetrales de sombra, donde se concentra la mayor densidad de árboles maduros.

De otro lado, en el Centro de Laboratorios y Experimentación Bello, el levantamiento en campo del inventario arbóreo, elaborado por primera vez en el mes de octubre de 2025, registró un total de 43 individuos, mediante la aplicación de técnicas de medición directa, georreferenciación y evaluación estructural. Las especies más representativas fueron: *Mangifera indica* (18 individuos), *Terminalia catappa* (6) y *Handroanthus chrysanthus* (4). Este inventario constituye la base para el seguimiento y actualización del arbolado institucional, aportando información esencial para la gestión ambiental y la planificación de estrategias de conservación en la sede Bello. (Ver Tabla 2).

Tabla 2: Especies arbóreas y frecuencia más representativas en la sede de Laboratorios Bello del PCJIC

Nº	Especie científica	Nombre común	Nº de individuos	Frecuencia (%)
1	<i>Mangifera indica</i>	Mango	18	42,85
2	<i>Terminalia catappa</i>	Falso almendro	6	14,28
3	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán amarillo	4	9,52

Fuente. Elaboración propia

Cabe destacar que el INGEI correspondiente a la sede de Laboratorios y Experimentación Bello se encuentra actualmente en fase de elaboración, por lo que aún no ha sido posible estimar la contribución del capital natural al inventario institucional de dicha sede.

El análisis comparativo entre la sede Poblado y el Centro de Laboratorios y Experimentación Bello evidencia contrastes en la estructura y capacidad de captura de carbono, su composición arbórea, integrada principalmente por especies de crecimiento rápido y adaptadas a entornos urbanos, le permite mantener un aporte significativo a la remoción de CO₂. A pesar de su menor tamaño, la sede Bello cumple un papel estratégico dentro del contexto metropolitano por su ubicación y por su contribución directa a la mitigación de emisiones y al fortalecimiento de la conectividad ecológica institucional.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

De este modo, estos resultados de carácter parcial, reflejan sólo las remociones biológicas por captura arbórea, siendo necesario complementar este análisis a partir de la estimación de emisiones reducidas o evitadas atribuidas a la implementación de acciones tecnológicas tales como, iluminación fotovoltaica, el alumbrado eficiente tipo LED y la gestión de residuos reciclables, las cuales representan un componente adicional del INGEI y una tarea pendiente para el cálculo integral de reducciones. No obstante, este avance constituye un hito técnico y metodológico relevante para el PCJIC, al fortalecer las bases para la actualización de su inventario institucional de GEI y sustentar la proyección de un plan de mitigación de GEI enfocado en los aportes a las políticas de carbono neutralidad a mediano plazo, reafirmando el compromiso de la institución con la acción climática y la gestión ambiental sostenible.

8. Referencias

1. Chave et al. (2014). Biología del Cambio Global | Revista de Cambio Ambiental | Biblioteca en Línea de Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.12629>
2. Encyclopedia of Life. (2024). Global Wood Density Database [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13322441>
3. IPCC. (2006). Publications—IPCC-TFI. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
4. IPCC. (2019). Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero—IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
5. MADS, 2021 *Herramienta de gestión de la información y cálculo del inventario de gases de efecto invernadero (GEI)*. Gobierno de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/inventario-de-gases-de-efecto-invernadero-gei/#>
6. Valderrama, Yepes & Gómez, (2022). Validación de las emisiones de carbono en el Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín, 2022.
7. Palacio M., J. A., & Pedraza, F. C. (2011). Inventario del componente arbóreo de la sede del Poblado del Politécnico Jaime Isaza Cadavid. Revista Politécnica, 85-95.





Pirólisis de residuos agroindustriales de banano como estrategia sostenible en el Urabá Antioqueño bajo el esquema de una biorrefinería termoquímica apoyado en simulación computacional

Efraín Villegas González¹, Alba N. Ardila A¹, Rolando Barrera-Zapata²

¹Grupo CAMER, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

²Grupo CERES Agroindustria e Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA

Resumen. La región del Urabá Antioqueño genera un volumen masivo de residuos agroindustriales de banano, cuya disposición inadecuada representa un pasivo ambiental. La pirólisis termoquímica surge como una solución, pero carece de una hoja de ruta tecnológica validada para esta biomasa específica. Esta investigación busca evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de una biorrefinería basada en pirólisis mediante simulación computacional. La metodología es mixta teórico-experimental: primero, se realizará la caracterización fisicoquímica y térmica de los residuos recolectados en la región; segundo, estos datos alimentarán un modelo de simulación en Aspen Plus. El modelo será validado y optimizado mediante análisis de sensibilidad para determinar las condiciones operativas ideales. Finalmente, se ejecutarán Análisis Tecno-Económicos (TEA) y de Ciclo de Vida (ACV) para cuantificar la rentabilidad y el impacto ambiental, generando así la hoja de ruta validada para su implementación industrial.

Palabras Claves: Pirólisis, residuos de banano, biorrefinería, simulación de procesos, análisis tecno-económico.

1. Introducción

La crisis ambiental y la volatilidad económica derivadas de la dependencia de los combustibles fósiles han acelerado una transición global hacia modelos energéticos más sostenibles, limpios y descentralizados (Varma et al., 2021). En este escenario, la bioeconomía se ha consolidado como un paradigma de desarrollo estratégico, promoviendo el aprovechamiento de recursos renovables para generar productos de alto valor, en alineación directa con los principios de la economía circular (Prado-Acebo et al., 2024). Colombia ha adoptado esta transición como una necesidad estratégica, respaldada por instrumentos de planificación como el CONPES 3934 de Crecimiento Verde y el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, que establecen metas claras para la valorización de biomasa y el fortalecimiento de las cadenas de valor asociadas a su aprovechamiento (DNP, 2023; Minciencias, 2024). Este enfoque nacional es coherente con los compromisos globales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente los relacionados con la energía asequible (ODS 7), la industria e innovación (ODS 9) y la producción responsable (ODS 12) (Motta et al., 2022).

En este contexto, la región del Urabá Antioqueño emerge como un territorio estratégico, siendo uno de los principales enclaves agroexportadores del país, con una producción de banano que supera los 1.5 millones de toneladas anuales (ASBANA, 2023), genera un volumen masivo de residuos lignocelulósicos (pseudotallos, hojas, y principalmente raquis) que puede cuadruplicar el peso de la fruta cosechada (Varma et al., 2021). Esta producción implica aproximadamente 6.0 millones de toneladas de biomasa residual anualmente. El problema central radica en que, con una tasa de aprovechamiento inferior al 20%, la gran mayoría de esta biomasa se dispone inadecuadamente, convirtiéndose en un pasivo ambiental que genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y afecta negativamente los suelos (Singh et al., 2024). Esta investigación, por tanto, aborda una paradoja crítica: la existencia de una vasta fuente de materia prima renovable que actualmente es gestionada

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

como un desecho. Para la transformación de esta biomasa lignocelulósica, la pirólisis térmica se presenta como una tecnología termoquímica prometedora, dadas las condiciones socioeconómicas y logísticas de Urabá. Este proceso descompone la biomasa en ausencia de oxígeno, generando un portafolio diversificado de productos de valor energético y comercial: biochar (un sólido carbonoso), bio-oil (un combustible líquido) y syngas (un gas combustible) (Joshi et al., 2024; Vuppaladadiyam et al., 2023). A diferencia de otras rutas, la pirólisis es flexible, adaptable a diferentes escalas y eficiente en el procesamiento integral de la biomasa, posicionándose como una tecnología central en los esquemas modernos de biorrefinería (Aristizábal-Alzate et al., 2020).

A pesar de este potencial tecnológico, el obstáculo principal para transformar los residuos de banano en una oportunidad de desarrollo no es la falta de tecnologías genéricas, sino un profundo vacío científico-tecnológico. Existe una ausencia crítica de una hoja de ruta tecnológica validada para la valorización de esta biomasa específica bajo las condiciones particulares de la región del Urabá (Ramírez Malule et al., 2024). La viabilidad de cualquier proceso termoquímico depende de las características fisicoquímicas de la materia prima (composición lignocelulósica, contenido de cenizas, poder calorífico, etc.). La literatura demuestra que estas propiedades varían significativamente según la geografía, variedad y prácticas agrícolas (Kumar et al., 2019; Chen et al., 2024), lo que hace que la extrapolación de resultados de otras latitudes sea científicamente arriesgada y tecnológicamente inviable.

Esta brecha de conocimiento se manifiesta de manera crítica en la carencia de modelos de simulación de procesos predictivos y validados. Softwares como Aspen Plus, son fundamentales para diseñar y optimizar biorrefinerías, permitiendo anticipar el comportamiento del sistema y evaluar su viabilidad predictiva. Sin embargo, no se han desarrollado estudios que integren la caracterización específica de la mezcla de residuos de banano del Urabá. De acuerdo a lo anterior se pretende obtener los resultados de la pirólisis con estos diferentes residuos y evaluar la viabilidad de su uso como materia prima potencial. Dicha evaluación, fundamentada en los Análisis Tecno-Económicos (TEA) y Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (Vance et al., 2024; Alcazar-Ruiz et al., 2024), permitirá cuantificar la rentabilidad y la sostenibilidad de la ruta. Esta "hoja de ruta tecnológica" validada representa la base para el diseño de soluciones contextualizadas, como la producción de energía para uso de los propios productores o la generación de biochar como fertilizante para los suelos.

Para cerrar esta brecha, la presente investigación propone una metodología mixta teórico-experimental. El objetivo general del proyecto es evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de un proceso de biorrefinería termoquímica basado en la pirólisis de los residuos agroindustriales de banano del Urabá, mediante el diseño y la simulación de procesos en Aspen Plus. Para alcanzar este propósito, se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) Caracterizar fisicoquímicamente (análisis próximo, elemental) y térmicamente (TGA) los residuos de banano recolectados en la región del Urabá, generando los datos de entrada fundamentales requeridos por el modelo; 2) Modelar el proceso de pirólisis de la biomasa de banano en el simulador Aspen Plus, utilizando los datos de la caracterización para predecir los rendimientos máxicos y la composición de los productos; 3) Optimizar las variables críticas de operación del proceso mediante análisis de sensibilidad en el modelo, determinando las condiciones que maximicen el rendimiento de productos de alto valor; y 4) Cuantificar los indicadores de viabilidad tecno-económica (TEA) y la sostenibilidad ambiental (ACV) del esquema de biorrefinería optimizado, utilizando el software Open LCA para modelar y evaluar los impactos, a partir de los balances de masa y energía generados por la simulación.

A partir de lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Puede una ruta de valorización de residuos de banano, fundamentada en un análisis integral (experimental, teórico, ambiental y económico), contribuir a una alternativa viable y accesible para los productores de la región del Urabá mediante procesos termoquímicos como la pirólisis? Para dar respuesta, el alcance del trabajo busca generar una hoja de ruta tecnológica validada, el cual se fundamente en evidencias teórico-experimentales, permitiendo establecer las bases técnicas, económicas y ambientales para el futuro diseño de una biorrefinería en el Urabá que permita convertir los residuos de desecho del banano en un impulsor de desarrollo sostenible en la región.



2. Metodología y plan de trabajo

La presente investigación se fundamenta en un diseño mixto teórico-experimental con un fuerte componente cuantitativo. La metodología está concebida como un proceso secuencial y sinérgico, donde los datos empíricos generados en laboratorio alimentan y validan un modelo de simulación computacional, como se ilustra en la Figura 1. El punto de partida es la caracterización rigurosa de la materia prima. Para ello, se recolectarán muestras representativas residuos de banano desechados (raquis, pseudotallo, hojas y cascara) en la región del Urabá Antioqueño, las cuales serán sometidas a un pretratamiento. Posteriormente, esta biomasa homogénea será analizada en laboratorio para determinar sus propiedades fundamentales, incluyendo el análisis próximo (humedad, cenizas, volátiles, según ASTM D3173, D1102, E875), el análisis elemental (C, H, N, S, bajo ASTM D5373, D3177), la composición estructural (lignina, celulosa, hemicelulosa, según NREL/TP-510-42618/42619) y su perfil de degradación térmica (TGA). Los datos cuantitativos obtenidos de esta caracterización serán el insumo esencial para la siguiente etapa: la simulación de procesos. Utilizando el software Aspen Plus, se construirá un modelo predictivo. En este, la biomasa se definirá como un componente "no-convencional" (usando los datos del análisis próximo y elemental). El proceso de pirólisis se modelará mediante una metodología validada que combina un reactor de rendimiento para la descomposición elemental, seguido de un reactor de equilibrio de Gibbs (RGibbs) para calcular la distribución de productos finales (bio-oil, biochar, syngas) mediante la minimización de la energía libre.

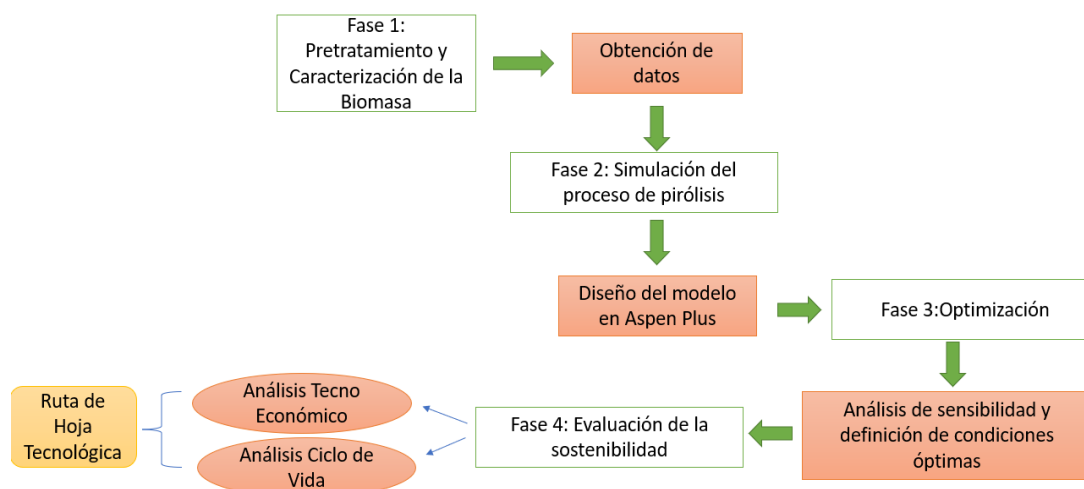


Figura 1. Metodología propuesta

Una vez construido, el modelo será validado comparando sus predicciones con datos experimentales de la literatura. Ya validado, este "laboratorio virtual" se empleará para la fase de optimización. Se realizarán análisis de sensibilidad sistemáticos para evaluar el efecto de variables críticas (como temperatura y presión) sobre los rendimientos de los productos. El objetivo es identificar la "ventana de operación óptima" que maximice el producto de mayor interés.

Finalmente, la ejecución de la simulación en sus condiciones óptimas permite extraer los balances de masa y energía. Estos balances son la base para la evaluación integral de la sostenibilidad del proyecto. Esta evaluación se compone de un Análisis Tecno-Económico (TEA), para el cual se estimarán los costos (CAPEX, OPEX) e indicadores de rentabilidad (VAN, TIR, PBP) mediante el desarrollo de esquemas de flujo de caja en Microsoft Excel. Además, se realizará un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) centrado en la huella de carbono (GWP); para este estudio se empleará el software especializado de código abierto OpenLCA, con el fin de determinar la sostenibilidad ambiental de la ruta propuesta. El resultado de este proceso metodológico será la



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

generación de una hoja de ruta tecnológica, fundamentada en datos experimentales locales y validada mediante simulación, para determinar la viabilidad real de implementar esta solución en el Urabá.

La ejecución exitosa de este proyecto depende de una combinación articulada de recursos y talento humano con experticia en ingeniería química, bioenergía y simulación de procesos, incluyendo investigadores principales, asesores y estudiantes en formación para el apoyo en laboratorio. Esto debe complementarse con la infraestructura necesaria, como el acceso a laboratorios de caracterización equipados con TGA, analizador elemental y molinos, además de los materiales, reactivos y vidriería pertinentes. Tecnológicamente, será fundamental contar con la licencia del software de simulación Aspen Plus y los equipos de cómputo adecuados para el modelado. Adicionalmente, se necesitará un soporte financiero que asegure la operatividad logística del proyecto. Estos fondos están destinados a cubrir los costos de las salidas de campo a la región del Urabá para la recolección de muestras, la contratación de servicios técnicos y tecnológicos para análisis externos y los gastos asociados a la divulgación científica, tales como la publicación de artículos y la participación en eventos académicos. El proyecto se ejecutará en un plazo de 24 meses, dividido en fases metodológicas claras con hitos específicos, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Cronograma Resumido del Proyecto de Investigación.

Fase Metodológica / Hito	Actividad Específica	Meses	Entregable / Resultado
FASE I: Revisión y Caracterización	Revisión bibliográfica exhaustiva.	M1 – M24	Revisión bibliográfica
	Trabajo de campo: Recolección y pretratamiento de muestras.	M4 - M5	Muestras de biomasa procesadas.
	Caracterización fisicoquímica y térmica en laboratorio.	M4 - M7	Base de datos de caracterización de la biomasa.
	Redacción y presentación del informe de avance I.	M8	Documento de avance.
FASE II: Modelado del Proceso	Desarrollo del modelo de simulación base en Aspen Plus.	M7 -M10	Modelo preliminar del proceso.
	Calibración y validación del modelo con datos.	M11 -M12	Modelo de simulación validado.
FASE III: Optimización del Proceso	Ejecución de análisis de sensibilidad de variables críticas.	M13 - M15	Informe de análisis de sensibilidad.
	Determinación de la ventana de operación óptima.	M16	Condiciones de operación optimizadas.
	Redacción del primer artículo científico (Caracterización y Modelado).	M14 - M17	Borrador de Artículo 1.
	Redacción y presentación del informe de avance II.	M18	Documento de avance.
FASE IV: Evaluación de Sostenibilidad	Simulación del caso optimizado y extracción de balances M/E.	M17 - M18	Inventario de flujos para TEA y ACV.
	Desarrollo del Análisis Tecnológico Económico (TEA).	M19 - M20	Informe de viabilidad económica.
	Desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).	M20 - M21	Informe de impacto ambiental.
	Redacción del segundo artículo científico (Optimización y Sostenibilidad).	M19 - M22	Borrador de Artículo 2.
Hito 3: FASE FINAL DE REDACCIÓN	Redacción del documento final de Tesis Doctoral.	M19 - M22	Borrador completo de la tesis.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Fase Metodológica / Hito	Actividad Específica	Meses	Entregable / Resultado
	Entrega a jurados y correcciones.	M23	Versión final de la tesis.
	Preparación y defensa de la Tesis.	M24	Sustentación.

3. Impacto potencial

La investigación está enmarcada para generar un impacto significativo, abordando vacíos críticos a nivel académico, socioeconómico e industrial. En el ámbito científico, el proyecto pretende cerrar una brecha de conocimiento fundamental al generar la primera base de datos robusta sobre la caracterización fisicoquímica y térmica de los residuos de banano específicos del Urabá. La contribución principal es brindar a los productores de banano y otros productores de la región una ruta de valorización de estos residuos validada. Esta ruta, enfocada en las características propias de la biomasa local y respaldada por una evaluación técnica, ambiental y económica, se convertirá en una oportunidad para ellos como fuente de trabajo, diversificación de mercado y valorización de residuos. A nivel regional, el estudio aborda la paradoja socioeconómica del Urabá, buscando transformar un pasivo ambiental en un impulsor de desarrollo, fomentando la diversificación económica, la generación de nuevos ingresos para los agricultores y la creación de empleo cualificado, todo en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La aplicación industrial más directa es la entrega de la "hoja de ruta tecnológica" validada a los productores y la población de la región de Urabá, quienes son los que requieren datos reales y contextualizados. Actualmente, la incertidumbre técnica y la falta de datos de viabilidad impiden la inversión; este estudio proporcionará los análisis tecno-económicos (TEA) y de ciclo de vida (ACV) necesarios para que dichos actores tomen decisiones informadas sobre la rentabilidad y escalabilidad del proceso. Esta aplicación no solo mitiga un problema ambiental crítico debido a la generación de GEI por la división de residuos, también desplaza el uso de combustibles fósiles. Finalmente, la implementación de esta hoja de ruta tecnológica promueve un modelo de economía circular funcional, donde diferentes subproductos pueden retornar a los mismos cultivos como enmienda de suelos y sumidero de carbono.

4. Aspectos éticos

La investigación se fundamenta en un principio ético de contribución positiva, enfocado en la valorización sostenible de residuos agroindustriales de banano para mitigar impactos ambientales existentes. El diseño metodológico y el objeto de estudio han sido cuidadosamente evaluados para asegurar el pleno cumplimiento de las normativas éticas y legales. En primer lugar, el proyecto presenta un riesgo ético mínimo, ya que su ejecución no contempla la participación de seres humanos, el uso de muestras biológicas de origen humano, ni la recolección o tratamiento de datos personales sensibles. De igual manera, la investigación no involucra la experimentación con animales.

En segundo lugar, se garantiza el respeto por la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades locales. La materia prima objeto de estudio corresponde exclusivamente a subproductos de desecho post-cosecha, los cuales son actualmente descartados. La recolección de estas muestras no interfiere de ninguna manera con la cadena de producción de alimentos ni genera un impacto económico negativo sobre los agricultores de la región. El desarrollo del proyecto se alinea rigurosamente con el marco normativo colombiano para la gestión ambiental y el manejo de residuos agroindustriales, incluyendo la Ley 99 de 1993, la Política para la Gestión Integral de Residuos (PGIRS) y las Normas Técnicas Colombianas GTC 24 y GTC 35. Asimismo, el protocolo de investigación se adhiere a los principios éticos internacionales para la investigación, como los establecidos en la Declaración de Helsinki y las pautas del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS). Como parte del compromiso institucional, la propuesta será presentada ante el Comité de Ética Institucional (CEPI) para su correspondiente evaluación y aval.





5. Bibliografía

1. Alcazar-Ruiz, A., Sanchez-Silva, L., & Dorado, F. (2024). Economic viability assessment of bioenergy production from agroindustrial wastes through fast pyrolysis. *Energy*, 311, 133441.
2. Agronet. (2024, 27 de mayo). <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Produccion-de-banano-creci%C3%B3n-2-con-un-total-de-2,6-millones-de-toneladas-en-2023.aspx>.
3. Aristizábal-Alzate, C. E., Alvarado, P. N., & Vargas, A. F. (2020). Biorefinery Concept Applied to Phytochemical Extraction and Bio-Syngas Production using Agro-Industrial Waste Biomass: A Review. *Ingeniería e Investigación*, 40(2), 22-36.
4. Asociación Médica Mundial. (2013). Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos.
5. ASTM D 1102-84. (1984). Standard Test Method for Ash in Wood.
6. ASTM D 3173-03. (2003). Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke.
7. ASTM D 3177. (s.f.). Standard Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke.
8. ASTM D 5373. (s.f.). Standard Test Methods for Instrumental Determination of Carbon, Hydrogen, and Nitrogen in Laboratory Samples of Coal.
9. ASTM E 875-82. (1982). Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis of Particulate Wood Fuels.
10. Chen, L., He, Q., & Zhou, J. (2024). Bioenergy and value-added chemicals of banana peel waste (BPW): Pyrolysis characteristics, kinetics, thermodynamics and volatile organic compounds. *Fuel*, 357(Part B), 130006.
11. Cheng, C., Wang, H., & Huang, J. (2020). Biochar as a soil amendment: A review of the mechanisms and impacts. *Journal of Environmental Management*, 260, 110148.
12. Congreso de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
13. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) & Organización Mundial de la Salud (OMS). (2002). Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos.
14. DNP. (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida". Departamento Nacional de Planeación.
15. Gobernación de Antioquia. (2019). Perfil de Desarrollo Subregional - Subregión Urabá de Antioquia. Departamento Administrativo de Planeación.
16. Gómez, J. A., Rodríguez-Miranda, J. P., & Salcedo-Mendoza, J. (2022). Towards a biorefinery processing waste from plantain agro-industry (*Musa paradisiaca*): Techno-economic assessment of nutritional blocks for cattle feeding. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12, 3373–3386.
17. Guerrero, A. B., Ballesteros, I., & Ballesteros, M. (2018). Ethanol from residual biomass of banana harvest and commercialization: A three-scenario environmental and techno-economic assessment. *Journal of Cleaner Production*, 183, 134–144.
18. Ighalo, J. O., & Adeniyi, A. G. (2019). Thermodynamic modelling and temperature sensitivity analysis of banana (*Musa spp.*) waste pyrolysis. *Waste Management*, 97, 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.031>
19. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (s.f.). GTC 24. Gestión ambiental Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente.
20. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (s.f.). GTC 35. Gestión Ambiental, Residuos. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos.
21. Joshi, V. V., et al. (2024). A concise review on waste biomass valorization through thermochemical conversion routes. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139981.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

22. Kumar, M., Upadhyay, S. N., & Mishra, P. K. (2019). A comparative study of thermochemical characteristics of lignocellulosic biomasses. *Bioresource Technology Reports*, 8, 100186.
23. Minciencias. (2024). Misión Bioeconomía y Territorio. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
24. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (1997). Política para la Gestión Integral de Residuos (PGIRS).
25. Motta, G. E., Angonese, M., Valencia, G. A., & Ferreira, S. R. S. (2022). Beyond the peel: Biorefinery approach of other banana residues as a springboard to achieve the United Nations' sustainable development goals. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100893.
26. Nizami, A. S., Rehan, M., Waqas, M., Naqvi, M., Ouda, O. K. M., Shahzad, K., ... & Al-Wabel, M. I. (2017). Waste biorefinery: A lifelong solution to sustainable energy and waste management. *Energy Procedia*, 118, 112-120.
27. Prado-Acebo, I., Cubero-Cardoso, J., Lu-Chau, T. A., & Eibes, G. (2024). Integral multi-valorization of agro-industrial wastes: A review. *Waste Management*, 183, 42-52.
28. Ramirez Malule, H., et al. (2024). [Referencia del usuario - se asume formato de artículo para el ejemplo]. *Journal of Colombian Agro-industrial Development*, 15(2), 45-58.
29. Singh, R., Raghuvanshi, S. S., & Kumar, R. (2024). A critical review on biorefineries for banana waste: Opportunities, challenges and future perspectives. *Bioresource Technology*, 391, 129881.
30. Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., & Crocker, D. (2012). Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass (Technical Report NREL/TP-510-42618). National Renewable Energy Laboratory.
31. Sluiter, A., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., & Templeton, D. (2008). Determination of Extractives in Biomass (Technical Report NREL/TP-510-42619). National Renewable Energy Laboratory.
32. Vance, C., Mediboyina, M. K., Papadopoulou, E., Cabrera-González, M., Reif, D., Sweeney, J., Harasek, M., & Murphy, F. (2024). Using process modeling and simulation to determine the sustainability of a novel lactic acid biorefinery in Europe: Influence of process improvements, scale, energy source, and market conditions. *Journal of Cleaner Production*, 484, 144347.
33. Varma, M. B., Maity, S., & Kiran, K. R. (2021). Banana waste valorization: A source of massively produced and underutilized biomass. *Journal of Environmental Management*, 299, 113642.
34. Vuppaladadiyam, A. K., S. P., & Anto, S. (2023). A critical review on biomass pyrolysis: Reaction mechanisms, process modeling and potential challenges. *Journal of the Energy Institute*, 108, 101236.
35. Zhang, Y., et al. (2021). Progress in thermodynamic simulation and system optimization of typical thermochemical conversion processes for biomass utilization. *Energy Conversion and Management*, 238, 114144





Caracterización Holística del Desempeño de SLAM Visual-Inercial mediante Diseño de Experimentos (DoE)

M. Alvarado¹, G. Acosta²

^{1,2} Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia

mealvarado@elpoli.edu.co¹, gaacosta@elpoli.edu.co²

Resumen. La Localización y Mapeo Simultáneo (SLAM) es una tecnología fundamental para la robótica autónoma. Sin embargo, su evaluación se basa predominantemente en "benchmarks de resultado", que comparan algoritmos bajo configuraciones fijas para responder a la pregunta de "cuál es mejor" en un dataset específico, pero no explican el "porqué" de su desempeño. Esta práctica, heredada de los primeros benchmarks, ignora las interacciones entre los parámetros del algoritmo y las condiciones operacionales, resultando en una comprensión incompleta del comportamiento del sistema. Este artículo propone un cambio de paradigma hacia un "benchmark de proceso": un marco metodológico basado en la teoría de Diseño de Experimentos (DoE) para caracterizar, modelar y evaluar el desempeño de un sistema SLAM de manera holística. La metodología propuesta integra experimentación en simulación para la exploración de factores y experimentación en hardware real para el ajuste y validación de un modelo predictivo. Se espera que este marco permita comprender las interacciones críticas, evaluar los compromisos (trade-offs) entre métricas de rendimiento (precisión, robustez, eficiencia) y guiar la selección de configuraciones robustas, contribuyendo a un desarrollo más sostenible y científico de la tecnología robótica.

Palabras claves: SLAM, SLAM Visual-Inercial, Diseño de Experimentos (DoE), Metodología de Evaluación, Benchmarking, ROS2, Gazebo.

1. Introducción

La Localización y Mapeo Simultáneo (SLAM) ha evolucionado desde sus fundamentos probabilísticos (Bailey & Durrant-Whyte, 2006) hasta convertirse en una tecnología clave para la navegación autónoma. La validación de estos sistemas se ha estandarizado gracias a *benchmarks* públicos que proporcionan datasets y métricas objetivas como el Error Absoluto de Trayectoria (ATE) (Sturm et al., 2012; Geiger et al., 2012).

Estos marcos, que podemos denominar "**benchmarks de resultado**", son indispensables para clasificar el rendimiento de diferentes algoritmos. Sin embargo, en su enfoque de "un factor a la vez" (OFAT), donde de forma secuencial se varía un solo factor mientras los demás se mantienen constantes (Nanayakkara et al., 2020), se presenta una limitación fundamental: no captura las interacciones entre los múltiples factores que definen el desempeño de un sistema SLAM en el mundo real. El rendimiento no es solo una función del algoritmo, sino de la compleja interacción entre sus parámetros internos, las características del hardware y las condiciones del entorno (Jamaludin et al., 2025). La metodología OFAT, si bien útil, no permite estudiar de manera global el comportamiento del sistema; solo muestra cómo responde bajo un único conjunto de factores, mientras que metodologías como el Diseño de Experimentos (DoE) permiten una exploración global del sistema (ver Figura 1).

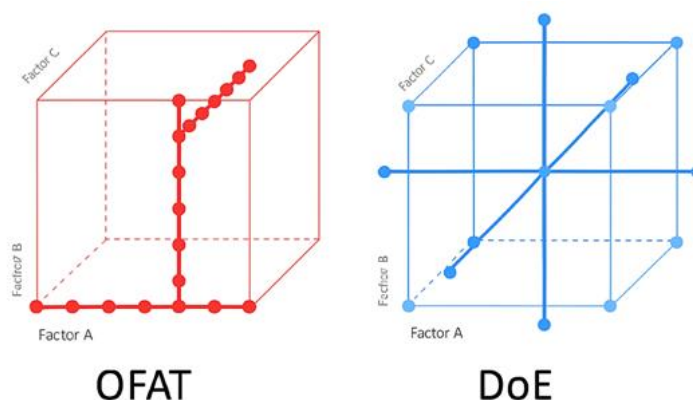


Figura 1. Descripción pictográfica de un espacio experimental que muestra cómo un esquema OFAT solo permite “ver” una región del espacio, mientras que la metodología DoE “muestra” una visión amplia del mismo

Esta brecha metodológica motiva la presente investigación. Proponemos un cambio de paradigma hacia un **"benchmark de proceso"**. En lugar de preguntar "¿qué algoritmo es mejor?", preguntamos "¿cómo y por qué cambia el rendimiento de un algoritmo al variar sus condiciones?". Para ello, proponemos un marco metodológico basado en el Diseño de Experimentos (DoE) para **modelar** el desempeño de un sistema SLAM como un proceso multivariado. Este enfoque permite no solo evaluar, sino comprender.

2. Metodología Propuesta

La metodología propuesta es un **diseño experimental secuencial** de tipo explicativo y correlacional, que combina simulación y experimentación física para desarrollar y validar un modelo de desempeño para sistemas VI-SLAM. Se utilizará ORB-SLAM3 como algoritmo de referencia por su relevancia en el estado del arte para (Campos et al., 2021). El flujo de trabajo se divide en cuatro fases:

1. **Configuración de la Plataforma Experimental Dual:** Implementación de un banco de pruebas en simulación (ROS 2/Gazebo), y una plataforma de hardware real (TurtleBot4 con cámara OAK-D y sistema de *ground truth*) para la validación y el refinamiento del modelo.
2. **Cribado de Factores en Simulación:** Ejecución de un diseño experimental de cribado (ej. Factorial Fraccionado) en simulación para identificar, de una lista extensa de posibles factores (ver Tabla 1), cuáles tienen el impacto más estadísticamente significativo sobre las métricas de desempeño (ver Tabla 2), aplicando técnicas de Análisis de Varianza (ANOVA).
3. **Modelado de Superficie de Respuesta y Calibración *Sim-to-Real*:** Construcción de un modelo de regresión polinómica a partir de un Diseño de Superficie de Respuesta en simulación. Este modelo será luego calibrado y refinado con un conjunto reducido de experimentos en hardware real para asegurar su validez predictiva.
4. **Validación del Modelo Predictivo:** Demostración de la capacidad predictiva y la utilidad del marco metodológico. Se utilizará el modelo validado para predecir el desempeño del algoritmo bajo nuevas configuraciones en datasets públicos estándar (ej. EuRoC). Estas predicciones se compararán con los resultados experimentales reales para validar la utilidad del marco como una herramienta de evaluación generalizable.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Tabla 1. Factores de Entrada (Inputs para el DoE) identificados en la literatura.

Categoría	Factor	Descripción	Referencias clave de inspiración
Parámetros del algoritmo (intrínsecos)	Número de <i>features</i>	Cantidad de puntos de interés (ej. Orb, fast) a detectar por fotograma.	Klippenstein & Zhang (2007, 2009); Barros et al. (2022)
Condiciones operacionales (entorno)	Tamaño de la ventana de optimización	Número de keyframes o estados a incluir en el <i>backend</i> de optimización.	Campos et al. (2021); Qin et al. (2018)
	Estrategia de cierre de bucles	Frecuencia de la detección, umbrales de similitud para la detección de bucles.	Xia et al. (2017); Liu & Zhang (2013)
	Iluminación y textura	Variación en las condiciones de luz y nivel de textura de las superficies del entorno simulado.	Jamaludin et al. (2025); Shu et al. (2021)
	Dinámica del movimiento	Velocidad lineal y angular del robot, tipo de trayectoria (giros bruscos vs. Trayectorias suaves).	Garigipati et al. (2022); Williamson et al. (2019)
	Estructura del entorno	Presencia de pasillos largos vs espacios abiertos ricos en paralaje.	Le et al. (2018); Huletski et al. (2015)
Características del sensor (hardware)	Calidad del IMU (simulada)	Nivel de ruido, estabilidad del sesgo (<i>bias</i>) y frecuencia de muestreo del sensor inercial.	Rogers et al. (2014); Zhao et al. (2020)
	Propiedades de la cámara (simulada)	Resolución de la imagen, presencia de desenfoque de movimiento (<i>motion blur</i>).	Campos et al. (2021); Barros et al. (2022)

Tabla 2. Métricas de salida (variables de respuesta) para la evaluación holística

Métrica	Dimensión de desempeño	Descripción	Referencias clave de metodología
Error absoluto de trayectoria (ATE)	Precisión	Error de la posición global de la trayectoria estimada en comparación con el <i>ground truth</i> . Mide la deriva global.	Sturm et al. (2012); Zhang & Scaramuzza (2018)
Error relativo de pose (RPE)	Precisión	Deriva localizada en segmentos cortos de la trayectoria. Mide la consistencia del movimiento a corto plazo.	Sturm et al. (2012); Zhang & Scaramuzza (2018)
Calidad del mapa	Precisión	Fidelidad y consistencia geométrica del mapa 3d generado (nube de puntos).	Hu et al. (2025); Cota et al. (2021)
Uso de CPU y RAM	Eficiencia	Consumo de recursos computacionales (promedio y picos) durante la ejecución.	Hamer et al. (2025); Bujanca et al. (2019)



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Métrica	Dimensión de desempeño	Descripción	Referencias clave de metodología
Latencia tiempo por fotograma	Eficiencia	Tiempo requerido para procesar cada fotograma.	Zhao et al. (2020); Bujanca et al. (2019)
Tasa de fallo de seguimiento	Robustez	Porcentaje de la trayectoria en la que el algoritmo pierde la localización y necesita reiniciarse o relocalizarse.	Shu et al. (2021); Garigipati et al. (2022)

3. Plan de Trabajo

La metodología propuesta es un diseño experimental secuencial de tipo explicativo y correlacional. Se divide en cuatro fases, utilizando ORB-SLAM3 (Campos et al., 2021) como algoritmo de referencia en una plataforma dual (experimentación simulada y en hardware real).

1. **Establecimiento de la Plataforma Experimental:** Configuración de un banco de pruebas automatizado en simulación (ROS 2/Gazebo) y una plataforma de hardware estandarizada (TurtleBot4 con cámara OAK-D y sistema de *ground truth* OptiTrack).
2. **Identificación de Factores Críticos:** Ejecución de un diseño de cribado (Factorial Fraccionado) en simulación para identificar, mediante ANOVA, los factores con mayor impacto en el desempeño.
3. **Construcción del Modelo Predictivo:** Generación de un modelo de superficie de respuesta en simulación, y posterior calibración y refinamiento con datos obtenidos del hardware real para cerrar la brecha "sim-to-real".
4. **Verificación del Marco Metodológico:** Se utilizará el modelo validado para predecir configuraciones de parámetros y se verificará experimentalmente su desempeño en datasets públicos estándar (ej. EuRoC, TUM-VI).

El proyecto se desarrollará en 3.5 años. Los primeros tres semestres se dedicarán a la formación y defensa de la propuesta. Los siguientes cuatro semestres se centrarán en la ejecución experimental, el modelado, la validación y la diseminación de resultados, incluyendo una estancia de investigación, dos artículos en revistas de alto impacto y tres participaciones en eventos científicos, culminando con la defensa de la tesis.

4. Impacto Potencial y Sostenibilidad

- **Impacto en Innovación y Academia:** Esta investigación introducirá un nuevo paradigma de "benchmark de proceso", permitiendo a la comunidad pasar de comparaciones de desempeño a un modelado predictivo del comportamiento del sistema. Esto facilitará una comprensión cuantitativa de las interacciones y los compromisos (*trade-offs*) entre los componentes del algoritmo y el entorno.
- **Impacto Industrial y en Sostenibilidad:** El marco propuesto impacta directamente la sostenibilidad al permitir una herramienta de **diseño predictivo** de los sistemas robóticos. Al modelar el consumo de recursos, la metodología permite a los ingenieros tomar decisiones informadas que balanceen el rendimiento con la eficiencia energética, un factor crítico para aplicaciones portables. Esto extiende la autonomía funcional y reduce la huella energética del hardware. Además, un método de evaluación sistémico reduce los costosos ciclos de prueba y error en la puesta a punto de productos.

5. Aspectos Éticos

El proyecto se adhiere a los más altos estándares de integridad científica, incluyendo la reproducibilidad y la publicación honesta de resultados. Dado que los sistemas VI-SLAM utilizan cámaras, se reconoce el riesgo de capturar datos visuales sensibles. Los experimentos en hardware se realizarán en entornos de laboratorio controlados y cualquier dato visual destinado a publicación será anonimizado para proteger la privacidad de cualquier individuo, en cumplimiento con las normativas de protección de datos.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





6. Referencias

1. Bailey, T., & Durrant-Whyte, H. (2006). Simultaneous localisation and mapping (SLAM): Part II State of the art. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 13(3), 108–117. <https://doi.org/10.1109/MRA.2006.1678144>
2. Barros, A. M., Michel, M., Moline, Y., Corre, G., & Carrel, F. (2022). A comprehensive survey of visual SLAM algorithms. *Robotics*, 11(1), 24. <https://doi.org/10.3390/robotics11010024>
3. Bujanca, M., Gafton, P., Saeedi, S., Nisbet, A., Bodin, B., O'Boyle, M. F. P., Davison, A. J., Kelly, P. H. J., Riley, G., Lennox, B., Luján, M., & Furber, S. (2019). SLAMBench 3.0: Systematic automated reproducible evaluation of SLAM systems for robot vision challenges and scene understanding. 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 6351–6358. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2019.8794369>
4. Burgard, W et al., "A comparison of SLAM algorithms based on a graph of relations," 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, St. Louis, MO, USA, 2009, pp. 2089-2095, doi: 10.1109/IROS.2009.5354691.
5. Burri, M., Nikolic, J., Gohl, P., Schneider, T., Rehder, J., Omari, S., Achtelik, M. W., & Siegwart, R. (2016). The EuRoC micro aerial vehicle datasets. *The International Journal of Robotics Research*, 35(10), 1157–1163. <https://doi.org/10.1177/0278364915620033>
6. Campos, C., Elvira, R., Rodríguez, J. J. G., Montiel, J. M. M., & Tardós, J. D. (2021). ORB-SLAM3: An accurate open-source library for visual, visual-inertial, and multimap SLAM. *IEEE Transactions on Robotics*, 37(6), 1874–1890. <https://doi.org/10.1109/TRO.2021.3075644>
7. Garigipati, B., Strokina, N., & Ghabcheloo, R. (2022). Evaluation and comparison of eight popular Lidar and Visual SLAM algorithms. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.02063>
8. Geiger, A., Lenz, P., & Urtasun, R. (2012). Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite. 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 3354–3361. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2012.6248074>
9. Hu, X., Wu, J., Jia, M., Yan, H., Jiang, Y., Jiang, B., Zhang, W., He, W., & Tan, P. (2025). MapEval: Towards unified, robust and efficient SLAM map evaluation framework. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 10(5), 4228–4235. <https://doi.org/10.1109/LRA.2025.3548441>
10. Jamaludin, A., Mohd Radzi, S. S., Mohamad Yatim, N., Masuan, N. A., Mat Adam, N., Suarin, N. A. S., Mohd Sulong, P., & Mohd Radzi, S. S. (2025). SLAM performance evaluation on uneven terrain under varying illuminance conditions and trajectory lengths. *IEEE Access*, 13, 46426–46447. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3549385>
11. Jia, G., Li, X., Zhang, D., Xu, W., Lv, H., Shi, Y., & Cai, M. (2022). Visual-SLAM classical framework and key techniques: A review. *Sensors*, 22(12), 4582. <https://doi.org/10.3390/s22124582>
12. Nanayakkara, H., Silva, H., Bodhinayake, K., & Gamage, T. D. (2020). Accuracy evaluation of SLAM algorithms in RGB-D sensors. 2020 5th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM), 1–6. <https://doi.org/10.1109/SEEDA-CECNSM49515.2020.9221784>
13. Rogers, J. G., III, Trevor, A. J. B., Nieto-Granda, C., Cunningham, A., Paluri, M., Michael, N., Dellaert, F., Christensen, H. I., & Kumar, V. (2014). Effects of sensory precision on mobile robot localization and mapping. In O. Khatib, V. Kumar, & G. Sukhatme (Eds.), *Experimental Robotics* (pp. 433–446). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28572-1_30
14. Sturm, J., Engelhard, N., Endres, F., Burgard, W., & Cremers, D. (2012). A benchmark for the evaluation of RGB-D SLAM systems. 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 573–580. <https://doi.org/10.1109/IROS.2012.6385773>
15. Zhang, Z., & Scaramuzza, D. (2018). A tutorial on quantitative trajectory evaluation for visual(-inertial) odometry. 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 7244–7251. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8593941>



Framework replicable de agricultura de precisión tropical basado en un sistema multisensorial inteligente con visión artificial y Edge Computing para la detección temprana de estrés vegetal en cultivos de banano

Andrés Felipe Mamián Jiménez¹, José León Henao², Jorge Ernesto Espinosa Oviedo³

¹ Grupo GIS, Facultad de Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

² Grupo GIS, Facultad de Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

³ Grupo GIS, Facultad de Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Resumen: La presente investigación tiene como propósito diseñar y validar un framework repli cable de agricultura de precisión tropical basado en un sistema multisensorial inteligente con visión artificial y edge computing, orientado a la detección temprana de estrés vegetal en cultivos de banano del Urabá antioqueño. Este proyecto, con una duración estimada de 24 meses, busca responder a las limitaciones tecnológicas que enfrentan los pequeños y medianos productores para implementar herramientas de monitoreo avanzado en entornos rurales con baja conectividad. El sistema integrará sensores de suelo, clima y planta con modelos de inteligencia artificial ex plicable (XAI), de manera que sea posible detectar condiciones de estrés antes de la manifesta ción visible de síntomas, interpretando además los factores causales asociados. La validación experimental se llevará a cabo en un conjunto de fincas piloto representativas de la región, ana lizando variables fisiológicas y ambientales para evaluar la precisión, robustez y replicabilidad del sistema. Entre los productos esperados se destacan el desarrollo de un prototipo funcional validado, un dataset abierto de datos con multiparámetros, un artículo científico indexado y la documentación técnica del framework replicable. Este trabajo busca aportar a la transformación digital del sector agrícola colombiano bajo principios de sostenibilidad, accesibilidad y transferencia tecnológica, fortaleciendo la capacidad de decisión de los productores frente al cambio climático y la gestión eficiente de los recursos.

Palabras claves: Agricultura de precisión, Edge Computing, Visión artificial, Estrés vegetal, Framework replicable.

1. Introducción

La agricultura de precisión ha emergido en las últimas décadas como un eje transformador en la gestión sostenible de los sistemas agrícolas, gracias a la integración de tecnologías digitales, sensórica avanzada e inteligencia artificial (Soussi et al., 2024; Liakos et al., 2018). Estas herramientas permiten optimizar el uso de insumos, mejorar la productividad y promover prácticas agrícolas sostenibles mediante el análisis de datos multifuente. No obstante, su adopción en regiones tropicales de América Latina enfrenta importantes limitaciones estructurales, técnicas y humanas. En el Urabá antioqueño (Colombia), los pequeños y medianos productores de banano principal cultivo de la región se ven especialmente afectados por la baja alfabetización digital, la escasa conectividad rural y la falta de dispositivos asequibles adaptados a las condiciones del trópico (Malaver et al., 2021; FAO, 2023). Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2024), solo el 34 % de los hogares rurales colombianos dispone de computador o tableta, y la cobertura de internet fija apenas alcanza el 41,4 %, lo que refleja una profunda brecha digital que restringe el acceso a soluciones basadas en TIC.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

En este contexto, los métodos tradicionales de diagnóstico agronómico basados en observaciones visuales o análisis de laboratorio resultan insuficientes para el monitoreo continuo y oportuno del estado fisiológico de los cultivos (Bai et al., 2023; Jones et al., 2019). Aunque existen aplicaciones móviles y plataformas basadas en inteligencia artificial, estas suelen depender de conectividad constante y presentan limitaciones para operar en entornos rurales con infraestructura restringida (Bioversity International, 2022; Jagtap et al., 2022). Además, la mayoría carece de autonomía funcional, no integra datos provenientes de sensores ambientales y utiliza arquitecturas cerradas, lo que dificulta su replicabilidad y escalabilidad (da Silva et al., 2023; Senoo et al., 2024).

La detección temprana del estrés vegetal hídrico, nutricional o biótico constituye un reto crítico en la agricultura tropical, debido a la variabilidad fenológica, climática y edáfica de los sistemas productivos (Zarco-Tejada et al., 2019; Gitelson et al., 1996). Detectar de manera anticipada las alteraciones fisiológicas en las plantas permite optimizar el uso de recursos, reducir pérdidas productivas y mejorar la resiliencia frente a eventos climáticos extremos (Mizik, 2022; Li et al., 2020). Sin embargo, los enfoques convencionales de monitoreo remoto o satelital presentan limitaciones en resolución temporal y espacial, lo que ha impulsado la incorporación de tecnologías emergentes como el edge computing y la visión artificial para el procesamiento local de datos (Shi et al., 2016; Chlingaryan et al., 2018).

El edge computing traslada la capacidad de procesamiento a dispositivos ubicados cerca de la fuente de datos, reduciendo la latencia y la dependencia de la nube, lo que resulta especialmente útil en entornos rurales con baja conectividad (Suma et al., 2023; Patil et al., 2023). Su combinación con sistemas multisensoriales y modelos de inteligencia artificial explicable (XAI) permite desarrollar arquitecturas autónomas capaces de detectar estrés vegetal en tiempo real y generar alertas locales interpretables por el agricultor (Adadi & Berrada, 2018; Holzinger et al., 2022). De este modo, la integración de sensores de suelo, clima y planta con visión artificial y procesamiento en el borde se perfila como una alternativa viable para una agricultura tropical más inteligente y sostenible (Soussi et al., 2024; Berger et al., 2022).

En coherencia con lo anterior, la presente investigación plantea la siguiente pregunta orientadora:

¿Cómo desarrollar y validar un framework replicable de agricultura de precisión tropical, basado en un sistema multisensorial inteligente con visión artificial y edge computing, que permita la detección temprana de estrés vegetal en cultivos de banano del Urabá antioqueño y favorezca la adopción tecnológica y la toma de decisiones informadas por parte de los productores agrícolas?

La hipótesis de trabajo sostiene que el desarrollo e implementación de un prototipo multisensorial autónomo, basado en edge computing, visión artificial e inteligencia artificial explicable (XAI), permitirá validar los componentes técnicos, operativos y metodológicos necesarios para construir un framework replicable de agricultura de precisión tropical. Dicho framework, derivado de la validación en campo del sistema, proveerá una arquitectura modular, documentada y adaptable a distintos cultivos tropicales, favoreciendo la transferencia tecnológica, la autonomía operativa y la sostenibilidad agrícola en entornos de baja conectividad (Abraham et al., 2022; Patil et al., 2023; Suma et al., 2023).

El objetivo general del proyecto es “Desarrollar un framework replicable de monitoreo autónomo para agricultura de precisión tropical, mediante la implementación y validación de un sistema inteligente multisensorial basado en edge computing, orientado a la mejora de detección temprana y explicable del estrés vegetal para la toma de óptimas decisiones agronómicas en cultivos de banano del Urabá antioqueño (2026–2028)”.

De este objetivo derivan los siguientes objetivos específicos:



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

1. Sistematizar la literatura científica y técnica sobre visión artificial, edge computing y detección temprana de estrés vegetal en cultivos tropicales, estableciendo los lineamientos conceptuales y técnicos que orienten el diseño del sistema multisensorial inteligente.
2. Implementar un sistema multisensorial inteligente que integre sensores de suelo, clima y planta con modelos de visión artificial y procesamiento local en edge computing, optimizado para las condiciones productivas del cultivo de banano en el Urabá antioqueño.
3. Validar experimentalmente el desempeño del sistema en condiciones reales de campo, evaluando su precisión, confiabilidad y capacidad para mejorar la toma de decisiones agronómicas frente al estrés vegetal.
4. Evaluar el desempeño e impacto del sistema desarrollado, mediante indicadores de exactitud del modelo, reducción del tiempo de detección (lead time), eficiencia en el uso de recursos y nivel de aceptación por parte de los productores participantes.
5. Desarrollar un framework replicable de agricultura de precisión tropical que sistematice los lineamientos técnicos, metodológicos y operativos derivados de la validación, facilitando su transferencia y adaptación a otros cultivos y regiones de producción tropical.

Esta propuesta contribuye simultáneamente a los ámbitos científico, tecnológico, social y ambiental. Desde el punto de vista científico, aborda una brecha de conocimiento en la creación de frameworks replicables de agricultura digital tropical. En lo tecnológico, introduce una arquitectura híbrida y de bajo costo que combina sensado ambiental, visión artificial y edge computing. En lo social, promueve la apropiación tecnológica por parte de pequeños productores rurales, y en lo ambiental, impulsa un uso más eficiente de recursos y una reducción de pérdidas productivas (FAO, 2023; OCDE, 2018). En conjunto, la investigación se articula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 2 (Hambre Cero), el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el ODS 13 (Acción por el clima), consolidándose como una propuesta integral orientada a una agricultura tropical más eficiente, resiliente e inclusiva.

2. Metodología y Plan de trabajo

La investigación adopta un enfoque aplicado y mixto (cuantitativo–cualitativo), combinando el desarrollo tecnológico de un sistema multisensorial inteligente con la validación experimental de su desempeño técnico y la evaluación de su impacto en la adopción tecnológica por parte de productores agrícolas del Urabá antioqueño. Se plantea un diseño de desarrollo tecnológico con validación experimental, orientado a resolver un problema real de detección temprana de estrés vegetal en cultivos de banano bajo condiciones tropicales.

La metodología se estructura en cinco fases secuenciales e interdependientes, que permiten avanzar de la fundamentación teórica a la transferencia tecnológica del framework replicable:

Fase 1. Revisión crítica y generación de lineamientos conceptuales.

Se desarrollará una revisión sistemática de literatura bajo la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021), abarcando publicaciones entre 2015 y 2025 en bases como Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect y SpringerLink. Esta fase permitirá identificar tendencias, vacíos y oportunidades sobre visión artificial, edge computing y detección temprana de estrés vegetal, para establecer los lineamientos conceptuales y técnicos que guiarán el diseño del sistema multisensorial.

Fase 2. Diseño e implementación del sistema multisensorial inteligente.

Con base en los lineamientos previos, se implementará un prototipo funcional que integrará sensores de suelo, clima y planta con modelos de visión artificial y procesamiento local en una plataforma NVIDIA Jetson





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Orin Nano. El sistema incluirá módulos de adquisición de datos, análisis de imágenes, comunicación IoT y visualización de alertas, optimizados para operar en entornos rurales de baja conectividad.

Fase 3. Validación experimental en campo.

El sistema se validará durante un ciclo productivo en dos fincas piloto del Urabá antioqueño, comparando su desempeño frente a métodos tradicionales. Se evaluarán métricas como precisión del modelo, lead time de detección, confiabilidad operativa y autonomía del sistema en condiciones reales.

Fase 4. Evaluación de desempeño e impacto.

Se combinarán análisis cuantitativos (precisión, reducción de lead time, eficiencia energética) con un componente cualitativo basado en entrevistas y encuestas de percepción a productores. La integración de ambos enfoques se realizará mediante una matriz interpretativa mixta, permitiendo relacionar el desempeño técnico con los factores de adopción tecnológica y sostenibilidad.

Fase 5. Desarrollo del framework replicable y transferencia tecnológica.

Finalmente, se consolidará un framework replicable de agricultura de precisión tropical, que sistematizará los lineamientos técnicos, metodológicos y operativos derivados de las fases previas. Este framework incluirá la arquitectura modular de hardware y software, protocolos de calibración, modelos de inteligencia artificial explicable (XAI) y recomendaciones para su transferencia a otros cultivos tropicales.

Este diseño metodológico permite abordar el problema desde un enfoque integral: inicia con la generación del conocimiento base, continúa con el desarrollo e implementación del sistema, valida su efectividad técnica y social, y culmina con un modelo replicable que promueve la adopción sostenible de la agricultura de precisión en regiones tropicales.

Tabla 1. Cronograma del plan de trabajo. Fuente: Elaboración propia

Fase	Objetivos Específicos	Actividades clave	Periodo estimado (Meses)
Fase 1. Revisión crítica y generación de lineamientos conceptuales.	Sistematizar la literatura científica y técnica sobre visión artificial, edge computing y detección temprana de estrés vegetal en cultivos tropicales, estableciendo los lineamientos conceptuales y técnicos que orienten el diseño del sistema multisensorial inteligente.	Revisión crítica y sistemática de literatura científica y técnica sobre agricultura de precisión, IoT, edge computing y visión artificial. Identificación de vacíos tecnológicos y oportunidades de investigación. Formulación de lineamientos técnicos y conceptuales iniciales del framework.	1 - 12
Fase 2. Diseño e implementación del sistema multisensorial inteligente.	Implementar un sistema multisensorial inteligente que integre sensores de suelo, clima y planta con modelos de visión artificial y procesamiento local en edge computing, optimizado para las condiciones productivas del cultivo de banano en el Urabá antioqueño.	Selección e integración de sensores de suelo, clima y planta. Configuración del hardware (Jetson Orin Nano) y desarrollo del software de procesamiento local. Entrenamiento y ajuste de modelos de IA y visión artificial. Pruebas piloto en condiciones controladas.	6 - 12



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Fase 3. Validación experimental en campo.	Validar experimentalmente el desempeño del sistema en condiciones reales de campo, evaluando su precisión, confiabilidad y capacidad para mejorar la toma de decisiones agronómicas frente al estrés vegetal.	Instalación y calibración del prototipo en fincas del Urabá antioqueño. Recolección y análisis de datos multisensoriales (suelo, clima, planta, imágenes). Validación de desempeño con mediciones SPAD y PAM. Aplicación de encuestas y entrevistas a productores.	12 - 18
Fase 4. Evaluación de desempeño e impacto.	Evaluar el desempeño e impacto del sistema desarrollado, mediante indicadores de exactitud del modelo, reducción del tiempo de detección (lead time), eficiencia en el uso de recursos y nivel de aceptación por parte de los productores participantes.	Cálculo de indicadores cuantitativos como precisión del modelo ($>90\%$), reducción de lead time (≥ 3 días), ahorro estimado de agua y energía, y disponibilidad operativa del sistema. Entrevistas semiestructuradas y encuestas de adopción tecnológica aplicadas a los productores participantes, analizadas mediante técnicas de análisis de contenido y estadística descriptiva.	16 - 18
Fase 5. Desarrollo del framework replicable y transferencia tecnológica.	Desarrollar un framework replicable de agricultura de precisión tropical que sistematice los lineamientos técnicos, metodológicos y operativos derivados de la validación, facilitando su transferencia y adaptación a otros cultivos y regiones de producción tropical.	Análisis estadístico, espectral y de aprendizaje automático. Integración de resultados cuantitativos y cualitativos. Diseño y documentación del <i>framework</i> replicable. Elaboración de publicaciones científicas y materiales de transferencia tecnológica.	18 - 24

3. Impacto Potencial

El desarrollo del framework replicable de agricultura de precisión tropical propuesto tiene un impacto potencial significativo en las dimensiones tecnológica, científica, social, económica y ambiental, contribuyendo a la transformación digital del sector agrícola colombiano bajo criterios de sostenibilidad e innovación. La literatura reciente destaca que la adopción de tecnologías de agricultura de precisión y digitalización agrícola impulsa no solo la eficiencia productiva, sino también la inclusión tecnológica, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo rural (Getahun et al., 2024; Subirats et al., 2024). Asimismo, la digitalización de los procesos de transferencia de conocimiento en el sector agroalimentario favorece la creación de ecosistemas colaborativos que fortalecen la resiliencia de los sistemas agrícolas y la apropiación social de la innovación (Papageorgiou et al., 2025). En este sentido, el framework propuesto se alinea con las tendencias internacionales de transformación digital sostenible en la agricultura, integrando dimensiones técnicas, sociales y ambientales en un modelo de innovación replicable y transferible (Getahun et al., 2024; Papageorgiou et al., 2025).

Desde el punto de vista tecnológico y científico, la investigación aportará al avance del conocimiento en el diseño de sistemas inteligentes de monitoreo agrícola basados en edge computing, visión artificial e inteligencia artificial explicable (XAI). La validación del prototipo multisensorial autónomo en condiciones reales de campo permitirá generar evidencia empírica sobre la eficacia de estas tecnologías en entornos tropicales,





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

históricamente poco explorados (Soussi et al., 2024; Patil et al., 2023). Este desarrollo representa un avance hacia la creación de arquitecturas modulares, escalables y de bajo costo, adecuadas para pequeños y medianos productores, con potencial de transferencia a otros cultivos tropicales como cacao, piña o mango (Abraham et al., 2022; Jagtap et al., 2022).

En el ámbito social, el proyecto busca reducir la brecha digital rural al ofrecer herramientas accesibles y comprensibles para los agricultores del Urabá antioqueño, una de las regiones con menor conectividad tecnológica del país (DANE, 2024). Mediante procesos de diseño participativo y retroalimentación con los productores, se promoverá la apropiación tecnológica y la confianza en los sistemas basados en IA, factores claves para su adopción sostenible (Vellido, 2020; Holzinger et al., 2022). De este modo, la investigación no solo genera innovación técnica, sino también un impacto directo en la alfabetización digital y en la capacidad de toma de decisiones agronómicas de las comunidades rurales.

Desde una perspectiva ambiental y económica, la detección temprana del estrés vegetal mediante sensorado inteligente permitirá optimizar el uso de agua, fertilizantes y agroquímicos, favoreciendo una agricultura más eficiente en recursos y resiliente ante los efectos del cambio climático (Liakos et al., 2018; FAO, 2023). Esta optimización se traduce en reducción de pérdidas productivas y mejora de la rentabilidad para los productores, en coherencia con los principios de sostenibilidad agrícola promovidos por la FAO y la Agenda 2030 (OCDE, 2018).

Finalmente, el impacto académico y curricular se reflejará en la integración de los resultados del proyecto en procesos formativos e investigativos en ingeniería, sistemas inteligentes y tecnologías emergentes, fortaleciendo líneas de investigación en IoT, inteligencia artificial aplicada y sistemas ciberfísicos agrícolas. Los productos derivados publicaciones científicas, datasets abiertos y un framework documentado contribuirán a la consolidación de conocimiento interdisciplinario y a la formación de talento humano con enfoque en innovación tecnológica para el desarrollo sostenible.

En conjunto, esta propuesta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 2 (Hambre Cero), el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) y el ODS 13 (Acción por el Clima), al promover un modelo de agricultura tropical inteligente, inclusiva y resiliente, sustentado en la investigación científica, la transferencia tecnológica y la sostenibilidad socioambiental (FAO, 2023; OCDE, 2018).

4. Aspectos Éticos

Esta investigación se desarrollará bajo los principios éticos de integridad, transparencia y respeto, conforme a la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013), el Código de Ética de la Investigación de Minciencias (2021) y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

Durante la fase de validación en campo se garantizará el consentimiento informado y la participación voluntaria y confidencial de los productores agrícolas, en cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 de protección de datos personales. Los registros sensoriales e imagenológicos se manejarán bajo protocolos de anonimización, almacenamiento seguro y uso exclusivo con fines científicos (European Commission, 2021).

La investigación incorporará principios de justicia social y beneficio compartido, promoviendo la participación activa de las comunidades rurales en el proceso de diseño y evaluación del sistema (Vellido, 2020; Holzinger et al., 2022). Finalmente, los resultados y el framework desarrollado serán divulgados bajo criterios de ciencia abierta y responsabilidad social, en concordancia con las recomendaciones de la UNESCO (2021) sobre Ciencia Abierta.



5. Bibliografía

1. Abraham, A., Arumugam, S., & Varghese, S. (2022). A modular framework for smart farming systems using IoT and edge computing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 195, 106793. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106793>
2. Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on explainable artificial intelligence (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138–52160. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>
3. Bai, G., Ge, Y., Scoby, M., Leavitt, B., Stoerger, V., Kirchgessner, N., & Schnable, P. S. (2023). Integrating multi-sensor data for high-throughput plant stress phenotyping. *Plant Methods*, 19, 29. <https://doi.org/10.1186/s13007-023-01020-7>
4. Berger, T., Kourtzanidis, K., & Tsiropoulos, Z. (2022). Digital transformation in agriculture: Challenges and opportunities for precision farming in developing regions. *Smart Agricultural Technology*, 2, 100038. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100038>
5. Bioversity International. (2022). Tumaini: A mobile app for banana disease diagnosis. Retrieved from <https://www.bioversityinternational.org>
6. Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.012>
7. da Silva, J. A., Oliveira, G. M., & Costa, M. (2023). AI-powered decision support in tropical agriculture: Challenges and frameworks for smallholders. *Sensors*, 23(7), 3475. <https://doi.org/10.3390/s23073475>
8. DANE. (2024). Boletín técnico: Indicadores de tenencia y uso de TIC en hogares 2023. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co>
9. FAO. (2023). Digital agriculture transformation in Latin America and the Caribbean: Status, challenges and opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc5659en>
10. Getahun, S., Mamo, A., & Tesfaye, T. (2024). Digital agriculture for sustainable development in Sub-Saharan Africa: Review and future prospects. *Sustainability*, 16(5), 2473. <https://doi.org/10.3390/su16052473>
11. Gitelson, A. A., Kaufman, Y. J., & Merzlyak, M. N. (1996). Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 289–298. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00072-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00072-7)
12. Holzinger, A., Carrington, A., & Müller, H. (2022). Measuring the quality of explanations: The System Causability Scale (SCS). *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, 786812. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.786812>
13. Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., & Shankar, B. (2022). The digital future of agriculture: Smart farming technologies for food system resilience. *Trends in Food Science & Technology*, 126, 370–385. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.006>
14. Jones, H. G., Serraj, R., & Slater, H. (2019). Advances in understanding plant stress physiology for precision agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 70(9), 2349–2362. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz088>
15. Li, Y., Chen, S., & Liu, Z. (2020). Deep learning for plant stress detection: Current trends and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105626. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105626>
16. Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
17. Malaver, F., Rojas, D., & Gómez, J. (2021). Transformación digital en la agricultura colombiana: Desafíos y oportunidades para pequeños productores. *Revista de Ingeniería e Innovación Tecnológica*, 9(2), 45–62.
18. Mizik, T. (2022). The role of precision agriculture in sustainable agricultural systems. *Agriculture*, 12(6), 822. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060822>



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

19. OCDE. (2018). La innovación agrícola en América Latina: Motores para un crecimiento sostenible. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. <https://doi.org/10.1787/9789264302547-es>
20. 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., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
21. Papageorgiou, A., D'Andrea, A., & De Luca, G. (2025). Digitalization and sustainable transformation of agri-food systems: A multi-level perspective. *Journal of Cleaner Production*, 457, 141892. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141892>
22. Patil, S., Thorat, K., & Khandare, R. (2023). Edge AI for smart agriculture: Deployment of deep learning models on NVIDIA Jetson platforms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205, 107623. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107623>
23. Senoo, T., Yamada, K., & Nagasaka, Y. (2024). AI-based plant stress monitoring and decision-making for tropical agriculture. *Agricultural Systems*, 215, 103582. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103582>
24. Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2016). Edge computing: Vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 3(5), 637–646. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>
25. Soussi, S., Karray, F., & Cheikhrouhou, O. (2024). Precision agriculture in the tropics: Integrating IoT, edge computing, and AI for sustainable productivity. *Sensors*, 24(2), 744. <https://doi.org/10.3390/s24020744>
26. Suma, N., Samson, M., Saranya, S., & Shanmugapriya, R. (2023). IoT and edge computing integration for smart agriculture: Review and future directions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205, 107600. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107600>
27. Subirats, J., Gómez, R., & Monedero, J. (2024). Digital transformation for inclusive and sustainable agri-food systems. *Sustainability*, 16(3), 1290. <https://doi.org/10.3390/su16031290>
28. Vellido, A. (2020). The importance of interpretability and visualization in machine learning for applications in medicine and agriculture. *Neural Computing and Applications*, 32, 18069–18083. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04826-6>
29. Zarco-Tejada, P. J., Camino, C., & González-Dugo, V. (2019). Advances in hyperspectral imaging for early detection of plant stress. *Remote Sensing of Environment*, 232, 111303. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111303>





Determinantes de la Innovación Sostenible y Desarrollo de una Metodología para su Medición en el Contexto Empresarial Colombiano

Enrique Villa Pérez¹ y Rodrigo Andrés Gómez Montoya¹

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería Sostenible (GIS), Politécnico Jaime Isaza Cadavid
enrique_villa106251@elpoli.edu.co

Resumen. La innovación sostenible constituye un elemento fundamental para la competitividad empresarial en economías emergentes. En Colombia, donde las pequeñas y medianas empresas representan el 98 % del tejido empresarial, persiste una fragmentación metodológica significativa en la medición de este fenómeno. Mientras que el 78 % de las métricas utilizadas en la literatura internacional se fundamentan en indicadores unidimensionales, existe una carencia crítica de marcos contextualizados que articulen simultáneamente los determinantes técnicos, organizacionales y regulatorios adaptados al entorno colombiano. Esta investigación doctoral propone abordar esta brecha mediante una metodología mixta secuencial explicativa que integra tres fases: revisión sistemática de literatura con análisis bibliométrico, desarrollo de una metodología integral contextualizada, y validación empírica preliminar con datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica del DANE. El objetivo general consiste en formular una metodología integral de medición de la innovación sostenible mediante la identificación de determinantes específicos, estableciendo un marco alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 9, 8 y 12. Los resultados esperados incluyen la caracterización de al menos quince determinantes para el contexto colombiano, el desarrollo de un sistema estructurado en cuatro dimensiones con aproximadamente treinta indicadores, y la demostración de robustez psicométrica con índices de ajuste superiores a 0.90. La contribución teórica radica en la sistematización del conocimiento sobre determinantes contextuales, mientras que el impacto práctico se evidencia en el fortalecimiento de capacidades empresariales para evaluar y gestionar su desempeño en innovación sostenible.

Palabras claves: Innovación sostenible, metodología de medición, determinantes, PYMES colombianas, Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1. Identificación del Problema de Investigación

La innovación sostenible ha adquirido relevancia estratégica para las empresas colombianas en la medida que el entorno competitivo demanda simultáneamente mejoras en eficiencia operativa, desempeño ambiental y responsabilidad social. No obstante, la medición integral de este fenómeno enfrenta limitaciones metodológicas críticas que obstaculizan la evaluación objetiva del desempeño sostenible en el contexto nacional [1].

La fragmentación de enfoques metodológicos constituye una de las problemáticas más significativas. Estudios recientes evidencian que la mayoría de las metodologías disponibles se orientan hacia aspectos tecnológicos aislados, descuidando factores organizacionales críticos como la cultura corporativa, el liderazgo transformacional y la gestión del conocimiento [2]. Esta limitación adquiere especial relevancia en el contexto de las pequeñas y medianas empresas colombianas, donde la interacción dinámica entre determinantes técnicos, organizacionales y regulatorios resulta fundamental para el éxito de las iniciativas de sostenibilidad.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

La ausencia de marcos metodológicos contextualizados para Colombia configura un segundo vacío de conocimiento. Los estándares internacionales como GRI, SASB e IRIS+ fueron diseñados principalmente para grandes corporaciones multinacionales, presentando barreras de entrada significativas para las PYMES en términos de costos de implementación, complejidad técnica y requerimientos de personal especializado [3]. Esta desarticulación entre marcos globales y realidades locales limita la capacidad de las empresas colombianas para implementar evaluaciones de sostenibilidad efectivas y acceder a financiamiento verde internacional.

A nivel regulatorio, aunque Colombia ha establecido instrumentos normativos como la Ley 1901 de 2018 sobre sociedades de beneficio e interés colectivo y el CONPES 4069 de 2021 sobre Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, persiste una subutilización del 71 % de los incentivos fiscales ambientales disponibles [4]. Esta subutilización responde en parte a la carencia de herramientas apropiadas para documentar y validar el desempeño sostenible empresarial.

La falta de validación empírica de metodologías de medición utilizando datos del contexto empresarial colombiano constituye un vacío crítico adicional. Aunque existen aproximaciones teóricas y adaptaciones de marcos internacionales, no se identifican estudios que hayan validado psicométricamente instrumentos de medición utilizando información de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica del DANE u otras fuentes del sector empresarial nacional [5]. Esta carencia impide establecer la robustez, confiabilidad y validez de los instrumentos en el contexto específico del tejido empresarial colombiano.

2. Estado del Arte y Revisión de Literatura

La conceptualización contemporánea de innovación sostenible trasciende la visión tradicional que la limita a aspectos puramente tecnológicos. Estudios recientes la definen como el proceso intencional de creación de valor a largo plazo mediante la integración articulada de las dimensiones económica, ambiental y social en los procesos, productos y servicios de una organización [6]. Esta perspectiva holística reconoce que la innovación sostenible debe permear todas las áreas organizacionales, desde el diseño de productos hasta la configuración de la cadena de valor.

Los determinantes técnicos de la innovación sostenible comprenden las capacidades y recursos tecnológicos que facilitan la creación, adopción y difusión de soluciones sostenibles. La eficiencia energética, la adopción de tecnologías limpias y las capacidades internas de investigación y desarrollo orientadas a la sostenibilidad emergen como componentes esenciales [7]. En el contexto de las PYMES, estos determinantes resultan particularmente críticos dado que las limitaciones de recursos financieros frecuentemente restringen la capacidad de inversión en infraestructura tecnológica especializada.

Los determinantes organizacionales abarcan características internas que incluyen cultura corporativa, estructura de gobierno, procesos de gestión y prácticas de recursos humanos. La presencia de cultura corporativa que valore la sostenibilidad constituye un factor fundamental para el éxito de iniciativas de innovación sostenible [8]. El liderazgo transformacional que inspire y motive a la organización hacia objetivos de sostenibilidad, junto con la gestión de conocimiento orientada a la sostenibilidad, influye significativamente en la implementación de prácticas innovadoras.

Los determinantes regulatorios comprenden el marco institucional y normativo externo que incluye políticas públicas, incentivos fiscales y legislación ambiental. En Colombia, estos determinantes se materializan en instrumentos como la Ley 1901 de 2018 que establece las sociedades BIC, documentos de política como el CONPES 4069 de 2021, e incentivos fiscales para inversiones en tecnologías limpias [9]. La efectividad de estos determinantes está mediada por la capacidad de absorción y respuesta de las empresas.

La literatura reciente sobre medición de innovación sostenible evidencia la superioridad de marcos integrales basados en indicadores compuestos frente a enfoques unidimensionales [10]. Sin embargo, la mayoría



de estos marcos presentan limitaciones para su aplicación directa en el contexto colombiano, particularmente en PYMES con capacidades de reporte limitadas.

3. Objetivos de la Investigación

El objetivo general de esta investigación consiste en formular una metodología integral de medición de la innovación sostenible para empresas colombianas mediante el análisis de determinantes técnicos, organizacionales y regulatorios, para el fortalecimiento de la competitividad empresarial en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Los objetivos específicos incluyen: caracterizar los determinantes técnicos, organizacionales y regulatorios de la innovación sostenible mediante revisión sistemática de literatura con análisis bibliométrico; diseñar una metodología de medición integral y multidimensional mediante construcción de un índice compuesto con dimensiones e indicadores derivados de la revisión; y validar empíricamente la estructura de la metodología propuesta a través de análisis factorial confirmatorio utilizando datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica del DANE.

4. Hipótesis y Preguntas de Investigación

La pregunta central de investigación se formula de la siguiente manera: ¿Cómo formular una metodología integral de medición de la innovación sostenible para empresas colombianas mediante el análisis de determinantes técnicos, organizacionales y regulatorios que contribuya al fortalecimiento de la competitividad empresarial en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible? Esta pregunta principal se desglosa en tres preguntas específicas que guían el desarrollo secuencial de la investigación.

La primera pregunta específica indaga: ¿Cuáles son los determinantes técnicos, organizacionales y regulatorios de la innovación sostenible identificados en la literatura científica internacional y cuáles resultan más relevantes para el contexto empresarial colombiano? Esta pregunta orienta la fase de revisión sistemática de literatura y análisis bibliométrico, buscando identificar tanto los determinantes universales como aquellos específicos del contexto latinoamericano y colombiano. La respuesta a esta pregunta fundamentará conceptualmente la metodología a desarrollar, asegurando que se sustente en evidencia científica robusta y reconozca particularidades contextuales.

La segunda pregunta específica plantea: ¿Cómo estructurar una metodología integral de medición que articule dimensiones técnicas, organizacionales y regulatorias de la innovación sostenible, alineándola explícitamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y haciéndola aplicable para pequeñas y medianas empresas colombianas? Esta pregunta aborda el desafío metodológico central de la investigación, reconociendo la tensión entre exhaustividad conceptual y viabilidad práctica. La respuesta requerirá decisiones sobre número de dimensiones, selección de indicadores, métodos de agregación y mecanismos de ponderación que equilibren rigor metodológico con simplicidad operativa.

La tercera pregunta específica cuestiona: ¿La estructura factorial de la metodología propuesta se confirma empíricamente utilizando datos del sector manufacturero colombiano y demuestra propiedades psicométricas adecuadas en términos de confiabilidad, validez convergente y validez discriminante? Esta pregunta orienta la fase de validación empírica, reconociendo que la utilidad práctica de cualquier instrumento de medición depende críticamente de su robustez psicométrica. La respuesta proporcionará evidencia sobre la aplicabilidad y pertinencia de la metodología en el contexto específico para el cual fue diseñada.



5. Metodología

Esta investigación adopta un diseño metodológico mixto de carácter secuencial explicativo que integra enfoques cuantitativos y cualitativos. El diseño se fundamenta en el paradigma pragmático, reconociendo que la naturaleza compleja del fenómeno de estudio requiere múltiples perspectivas metodológicas.

La investigación se estructura en tres fases complementarias. La primera fase corresponde a un estudio no-experimental descriptivo-analítico mediante revisión sistemática de literatura con análisis bibliométrico, siguiendo el protocolo PRISMA 2020 para garantizar transparencia [11]. Esta fase emplea búsqueda sistemática en Scopus y Web of Science, con extracción de datos mediante formularios estandarizados y análisis bibliométrico utilizando software VOSviewer para mapeo de redes de co-citación y co-ocurrencia de palabras clave.

La segunda fase adopta un diseño de investigación aplicada orientado al desarrollo metodológico, donde se construye la propuesta mediante síntesis conceptual, operacionalización de variables e incorporación de retroalimentación de expertos mediante metodología Delphi modificada con panel de siete especialistas.

La tercera fase implementa un diseño cuantitativo no-experimental para la validación empírica preliminar. Se utiliza análisis factorial confirmatorio con estimación por máxima verosimilitud robusta para evaluar la robustez psicométrica del instrumento. Los criterios de ajuste del modelo incluyen: CFI mayor o igual a 0.90, TLI mayor o igual a 0.90, RMSEA menor o igual a 0.08 y SRMR menor o igual a 0.08 [12].

La validación empírica preliminar utiliza datos secundarios de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica del DANE correspondientes al período 2019-2020, que comprende información de 9,138 empresas del sector manufacturero colombiano. Las características de las empresas incluidas abarcan distribución representativa según tamaño empresarial con predominio de microempresas, pequeñas y medianas empresas en regiones industriales principales.

Los instrumentos de recolección de información incluyen formulario de extracción de datos para la revisión sistemática, cuestionarios Delphi para validación de expertos con escala Likert de cinco puntos, e instrumentos de análisis estadístico utilizando software especializado incluyendo R versión 4.3 con paquetes lavaan y psych para análisis factorial confirmatorio, así como Stata versión 17 para análisis descriptivo e inferencial.

6. Recursos y Cronograma

El proyecto se desarrollará en 36 meses con un presupuesto global de 66,900,000 pesos colombianos, distribuidos entre flujo de efectivo de contrapartida institucional y recursos propios del investigador. Los recursos humanos incluyen dedicación de 20 horas semanales del investigador principal y cinco horas semanales del director de tesis. Los recursos tecnológicos comprenden adquisición de computador portátil de alta gama, licencias de software especializado Stata para análisis factorial confirmatorio y modelación de ecuaciones estructurales, licencia NVivo para análisis cualitativo de literatura, y herramientas de análisis bibliométrico VOSviewer y bibliometrix en R.

El cronograma se estructura en tres fases principales. La Fase 1 de revisión sistemática de literatura y análisis bibliométrico se desarrollará durante los meses 1 a 12, incluyendo conformación de panel de expertos y validación de términos, búsqueda sistemática en bases de datos, selección y evaluación de elegibilidad, extracción de datos y análisis bibliométrico, registro en PROSPERO, y escritura de artículo de revisión. La Fase 2 de desarrollo de metodología integral se ejecutará durante los meses 13 a 24, comprendiendo síntesis narrativa y conceptual, diseño de estructura metodológica, validación de contenido mediante metodología Delphi, y diseño del índice y sus dimensiones. La Fase 3 de validación empírica preliminar se realizará durante los meses 25 a 36, incluyendo análisis y preparación de datos EDIT-DANE, construcción de índices y operacionalización,



análisis factorial confirmatorio, validación convergente, escritura de artículo metodológico, redacción de tesis doctoral y preparación de defensa.

7. Impacto Potencial

El proyecto generará impactos significativos en múltiples dimensiones. Directamente beneficiará a aproximadamente noventa y ocho mil PYMES colombianas del sector manufacturero, proporcionando herramientas para evaluar y mejorar su desempeño en innovación sostenible. La metodología facilitará el acceso a incentivos fiscales ambientales establecidos en la Ley 1901 de 2018, actualmente subutilizados por el 71% de las PYMES.

Indirectamente contribuirá al fortalecimiento de prácticas empresariales sostenibles que contribuyen a la mitigación del cambio climático. El proyecto se alinea con el compromiso nacional de reducir el 51% de las emisiones de gases de efecto invernadero al 2030 establecido en el CONPES 4069 de 2021. El proyecto fortalecerá el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación mediante la consolidación de herramientas de medición adaptadas al contexto nacional.

8. Aspectos Éticos

El proyecto adhiere a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, el Código de Núremberg y las directrices nacionales de investigación ética. El acceso y uso de microdatos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica del DANE se realizará conforme a las políticas de acceso establecidas por dicha entidad, garantizando la confidencialidad y anonimización de información empresarial en cumplimiento con la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales en Colombia.

Se obtendrá consentimiento informado de los expertos que participen en la validación Delphi, explicando claramente los objetivos, procedimientos, riesgos mínimos asociados y derechos de los participantes. El proyecto será sometido al Comité de Ética en Investigación del Politécnico Jaime Isaza Cadavid antes del inicio de la recolección de datos.

9. Referencias

1. Fajardo Cortes, R. E., Saavedra García, M. L., and Gómez Villegas, M.: Revisión narrativa de literatura: Capacidades de innovación en la sostenibilidad empresarial de pymes. Pensamiento & Gestión, 54, 170–197 (2023), <https://doi.org/10.14482/pege.54.611.092>
2. Paredes-Chacín, A. J., Lozano-Moreno, J. A., Cajigas-Romero, M., and Hoyos-Giraldo, F. A.: Innovation and economic sustainability in small and medium-sized Latin American companies. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8(8), 5343 (2024), <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.5343>
3. Atehortúa, U. A. O., Martínez, J., Quintero, F., Lamy, C., and Aristizábal, M.: Validación de un instrumento para la medición de la sostenibilidad empresarial en pequeñas y medianas empresas. Universidad Luis Amigó (2020), <https://doi.org/10.21501/9789588943848>
4. Yanez-Contreras, M., Rodríguez-Paez, H., and Mendoza-Guardo, H.: Los incentivos tributarios en la inversión ambiental de la industria colombiana. Apuntes del Cenes, 44(79) (2025), <https://doi.org/10.19053/uptc.01203053.v44.n79.2025.17739>
5. Tegethoff, T., Santa, R., Bucheli, J. M., Cabrera, B., and Scavarda, A.: Sustainable development through eco-innovation: A focus on small and medium enterprises in Colombia. PLoS ONE, 20(1), e0316620 (2025), <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316620>
6. García-Granero, E. M., Piedra-Muñoz, L., and Galdeano-Gómez, E.: Measuring eco-innovation dimensions: The role of environmental corporate culture and commercial orientation. Research Policy, 49(8), 104028 (2020), <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104028>



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

7. Ferlito, R. and Faraci, R.: Business model innovation for sustainability: A new framework. *Innovation & Management Review*, 19(3), 222–236 (2022), <https://doi.org/10.1108/INMR-07-2021-0125>
8. Rincón Díaz, C. A., Navarrete Jiménez, C., Díaz Mateus, R. D., and Cadrazco Suárez, M. A.: Determinantes del perfil innovador y emprendedor para organizaciones del sector turismo de naturaleza. *Criterio Libre*, 19(34), 1–19 (2022), <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2021v19n34.6945>
9. Pinkse, J., Bohnsack, R., and Kolk, A.: The role of public and private protection in disruptive innovation: The automotive industry and the emergence of low-emission vehicles. *Journal of Product Innovation Management*, 31(1), 43–60 (2014), <https://doi.org/10.1111/jpim.12079>
10. Calik, E.: A validated measurement scale for sustainable product innovation performance. *Technovation*, 129, 102882 (2024), <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102882>
11. 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., and Moher, D.: The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71 (2021), <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
12. Breuer, H., Fichter, K., Freund, F. L., and Tiemann, I.: Sustainability-oriented business model development: Principles, criteria and tools. *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, 10(2), 256–286 (2022), <https://doi.org/10.1504/IJEV.2018.092715>





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

LACLO





In-service training in Computational Thinking: MOOC Course Experiences

Graziela Ferreira Guarda¹[0000-0002-7790-0723] Yorah Bosse²[0000-0002-1353-0866] and Leila Weitzel¹[0000-0002-3090-3556]

¹ Fluminense Federal University, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, 28895-532, BRA

² University at Buffalo, Buffalo, New York, 14260-1660, USA

graziela guarda@id.uff.br, yorah@buffalo.edu, leila_weitzel@id.uff.br

Abstract. Computing integrates and complements Brazil's National Common Curricular Base (BNCC), following the approval of Resolution No. 1 of 2022. This regulation, which defines the teaching of Computing in Basic Education across the country, establishes that states, municipalities, and the Federal District must define parameters and pedagogical approaches for implementing Computational Thinking (CT) in Basic Education. In this context, considering the need for teacher training on the subject, this study presents the pedagogical structure of a massive open online course (MOOC) developed for Basic Education teachers. The goal of the course was to train participants in the concepts and applications of CT, while identifying learning difficulties and barriers. Using a qualitative methodology, the course was delivered to 192 instructors. The results showed that both the pedagogical structure and the teaching materials were appropriate for CT training and that content acquisition occurred satisfactorily.

Keywords: Computational Thinking, MOOC, Continuing Education, Unplugged Approach, BNCC Computing.

1. Introduction

Brazil has made significant progress in formulating public policies regarding the integration of Computing skills into Basic Education. However, there are still no clear definitions on how to implement this. This situation reveals several gaps, notably: the lack of continuous instructor training and, consequently, instructors' unpreparedness to develop Computational Thinking in the classroom [10]; the low number of graduates in Computer Science in Brazil [14]; and the lack of infrastructure in schools [5]. Given this context, we understand that although challenges exist, the first (and extremely important) step toward implementing Computing skills in Basic Education is instructor training, as instructors are the key multipliers capable of disseminating knowledge within their school communities.

In this sense, implementation requires instructors to understand the skills outlined in the normative document titled '*BNCC Computação*' (Computing BNCC), which complements the National Common Curricular Base (BNCC). The document is structured around three main pillars: Computational Thinking (CT), Digital Culture (DC), and the Digital World (DW), with CT being the pillar that concentrates most of the skills in the normative framework. CT involves solving problems across various domains of knowledge using Computer Science principles [15]. This approach includes exploring multiple aspects of the problem, considering its complexity, and designing solutions using available resources [16]. From this perspective, a training course for instructors in CT is proposed, driven by the following research question: *How can continuing education on the four pillars of Computational Thinking be effectively delivered to Basic Education instructors using unplugged strategies?*

The Massive Open Online Course (MOOC) aimed to motivate and prepare Basic Education instructors for the inclusion and dissemination of Computational Thinking (CT) skills. It sought to introduce concepts, techniques, and problem-solving practices using Computer Science fundamentals and the principle of simplicity. This principle was based on a straightforward methodology for organizing content, activities, and



assessment methods, avoiding information overload and maintaining focus on essential learning. Therefore, the goal of the course was not to promote the teaching of a programming or coding language, but rather to introduce the basic concepts and the four pillars of CT, following a theory-to-practice approach.

2. Materials and Method

The study employed a qualitative, descriptive approach which, according to [11], refers to a universe of meanings, motives, aspirations, beliefs, values, and attitudes—corresponding to a deeper space of relationships, processes, and phenomena that cannot be reduced to the operationalization of variables. Therefore, the data analysis method chosen was Content Analysis [4].

Content Analysis is understood as a set of techniques for “communication analysis, which aims to obtain, through systematic and objective procedures for describing message content, indicators (whether quantitative or not) that allow inferences of knowledge regarding the conditions of message production/reception (inferred variables)” [4]. Furthermore, it consists of a set of methodological tools, under continuous refinement, aimed at analyzing different types of content—verbal or non-verbal—through the systematization of methods used in data analysis. Content Analysis is structured in three phases: (1) pre-analysis; (2) exploration of the material, categorization, or coding; and (3) treatment of results, inferences, and interpretation. The validity of the research findings stems from the internal and systematic coherence among these phases, whose organizational rigor inhibits ambiguities and serves as a foundational premise. In this context, Figure 1 illustrates how the research was developed based on [4] and [7].

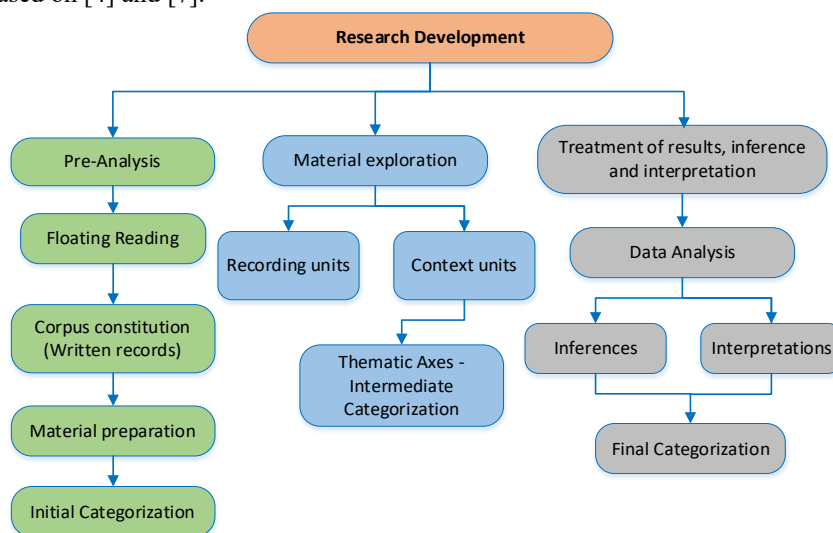


Figure 1. Research development diagram.

Pre-analysis is the first stage in organizing content analysis. It is during this stage that the researcher begins to organize the material so that it becomes useful for the study. In this phase, researchers must systematize their preliminary ideas through steps such as skimming, corpus constitution, reformulation of objectives and hypotheses, and the formulation of indicators—all of which contribute to the overall preparation of the material [4].

Next comes the exploration of the material, a phase aimed at categorizing or coding the study. In this stage, analytical description contributes to a deeper investigation, guided by hypotheses and theoretical references [12]. In this segment, the definition of categories is clarified, highlighting the constitutive elements of meaningful analogies in the research, that is, the categories themselves. Categorical analysis thus involves breaking down and subsequently grouping or regrouping the recording and context units of the texts. The



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

repetition of words and/or terms can be used as a strategy in the coding process to create recording units, which are later grouped into categories for analysis [4].

Finally, the third phase focuses on processing results, making inferences, and interpreting findings. In this stage, we seek to uncover the meaning of messages either through or in conjunction with the initial message. It is the moment of intuition, reflection, and critical analysis. Here, we aim to construct and capture the content present in all the material collected through the instruments [6]. This phase represents the “logical operation, by which a proposition is admitted by its connection with other propositions already accepted as true” [4].

The study was carried out in two distinct phases: exploratory and descriptive. The first phase aimed to build a consistent theoretical foundation to support the next stage. During this phase, a bibliographic review was conducted to inform the development of the course's instructional materials, including textbooks that incorporated a unified activity model, survey forms, and assessment tasks designed to gather relevant data on the research problem. Phase 2 was descriptive in nature and focused on consolidating the results and mapping the conditions for implementing the didactic transposition of the content. The materials used in the course are described below:

- a) **Survey Form 1 Mapping Profile, Prior Knowledge, and Expectations:** This electronic form collected data on instructors' profiles and their expectations regarding the course.
- b) **Textbooks:** The textbooks (developed to support course delivery) present a proposal for implementing Computational Thinking (CT) in an interdisciplinary way in Elementary Education, integrated with all curricular components of the BNCC. The pedagogical approach was based on two assumptions: (1) digital literacy as the new literacy, and (2) allowing oneself to make mistakes [2]. It is also worth noting that the textbooks were evaluated by 312 instructors and received an average score of 4.9 out of 5.0 on the Likert scale in terms of content, language, and graphic design, as well as recommendation to colleagues. [2].
- c) **Unified Activity Model:** This is an example of an activity that can be implemented across all educational modalities: in-person teaching, distance learning (DL), and hybrid learning. The activity was exemplified for each subject in Basic Education.
- d) **Assessment Activity:** The assessment activity is an exercise inspired by the Unified Activity Model. Its purpose is to verify and analyze the feasibility of didactic transposition of content in a practical way, applying CT in a context freely chosen by the instructors — <https://bit.ly/3HFw7DT>.
- e) **Survey Form 2 – Course Evaluation:** An electronic form designed to assess the instructors' overall experience with the course.

Regarding the target audience, 192 participants took the course, including instructors and individuals interested in the topic who were not working as instructors at the time. Of these, 60 completed the course (28% of the sample), resulting in a dropout rate of 72%—a rate that is expected and characteristic of MOOC courses. The compiled data refer to the period between November 2022 and August 2024 and include participants from various school segments with diverse profiles. The sampling method used was non-probabilistic and based on convenience [8]. Table 1 presents the general profile of the participating instructors, with data extracted from the pre-survey form titled *‘Profile mapping, prior knowledge, and expectations.’* More specifically, the table shows gender, age, type of school (public, private, or both), and years of teaching experience. Chart 1 displays the participants' regions, based on their Federative Unit. Table 2 presents the educational segments in which participants work.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Table 1. General profile of the instructors.

Gender:		Age:		Type of school:		Experience (in years):	
Female	52%	21 to 30	13.1%	Public	76.6%	Up to 5 years	21.9%
Male	48%	31 to 40	28.6%	Private	18.7%	Between 6 and 10 years	17.7%
		41 to 50	38.5%	Both	4.7%	Between 11 and 15 years	9.1%
		Over 50	19.8%			Between 16 and 20 years	22.9%
						Over 20 years	37.6%

Regarding the instructors' profile, it is important to highlight the strong interest shown by those working in the public school system (76.6% of the sample). This number increases when we consider that 4.7% of the sample reported working in both public and private schools. As for the educational segments in which the participants were working at the time of the course, there is a notable diversity, which will be presented in Table 2.

The course was offered with priority given to elementary school instructors. Based on the participant profiles, this group was identified as the largest in the sample (34%), including professionals who also work in school management (19%). Breaking down the data further by educational level, we find that Basic Education—which includes Early Childhood Education, the Early Years, the Final Years, and High School—also encompasses professionals working in School Management (K-12 Education), those working in computer labs, FAB Labs, or Maker spaces, and those assigned to resource rooms, such as Specialized Support and educational robotics activities. Together, these groups represent the majority of course participants (87% of the sample). Youth and Adult Education (AE) and vocational-technical education represent 1% of the sample, while higher education accounts for 2%. Finally, participants who were not working as instructors at the time of the course represent 9% of the sample.

Table 2. Participants' educational segment.

Educational Segment:	Quantity:	Percentage:
Early Childhood Education	7	4%
Early Years – 1st to 5th grade	65	34%
Final Years – 6th to 9th grade	13	6%
High School	10	5%
School Management (Basic Education)	37	19%
Computer Lab / Robotic	20	9%
FAB Lab / Maker	2	1%
Resource Room – Specialized Support	17	9%
Youth and Adult Education (EJA)	3	1%
Vocational Technical Education	2	1%
Higher Education	4	2%
Do not work as instructors	17	9%
Total:	192	100%

3. Course Pedagogical Organization

The course was organized into two distinct stages: *learning* and *developing*. In Stage 1 – **learning**, instructors were introduced to the concepts and skills related to the four pillars of Computational Thinking (CT): decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithms. The activities were themed around the investigative universe of the character Sherlock Holmes. From this perspective, instructors engaged in the theoretical part of the course through real-world contexts associated with the character. They also analyzed two case studies from the board game *Scotland Yard* to help internalize the concepts through practical examples. In Stage 2 – **developing**, instructors were introduced to the "Unified Activity Model" for each subject area within Elementary Education, including Portuguese, arts and music, geography, history, natural sciences, and mathematics. Additionally, a foreign language activity was made available in both English and Spanish (to be used optionally by the instructor), as included in the textbooks.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

The model aims to guide and support instructors in developing strategies for practically integrating Computational Thinking (CT) into the classroom, aligning CT's pillars with other curricular components of the BNCC and promoting interdisciplinarity. Additionally, the model's activities are adaptable to any BNCC content, and instructors have the autonomy to make changes and adjustments as they see fit. Accordingly, the course was organized based on the elements described in Table 3.

The course followed a structured learning flow that included the following stages: Problem Definition → Introduction to Problem Decomposition → Introduction to Pattern Recognition → Understanding Abstraction → Concept of Algorithms → Construction of Simple Algorithms → Problem Solving in a Schematic Format. As the MOOC course did not include tutoring, a flowchart was created to visually guide and support participants through the steps they needed to follow until completion. This flowchart illustrates where the participant should begin and the sequence of stages to be completed by the end of the course. One of the key distinguishing features of the course was its focus on digital accessibility. The video lessons were produced with slow-paced speech and included both subtitles and audio description, enabling blind or visually impaired individuals to comprehend the content, as well as supporting participants who are deaf or hard of hearing. In addition, all slide presentations used in the video lessons were made available to participants to facilitate access and review whenever needed. Finally, with regard to the ethical and scientific standards for human research, the study was approved by the Brazilian research ethics committee — CAAE: 49077121.0.0000.8160, approval number: 4.853.457.

Table 3. Detailed description of the training course's pedagogical organization.

Course Objective:	To develop an introductory continuing education course on the four pillars of Computational Thinking (CT), aligned with the BNCC for Computing.
Workload:	60 (sixty) hours.
Platform:	Virtual Learning Environment (VLE) – Moodle in MOOC format.
Level of Difficulty:	Intermediate.
Target Audience:	Basic Education instructors, with a priority focus on Elementary Education.
Technical Requirements:	Internet access (to complete the course) and a computer, mobile phone, or tablet.
Prerequisites:	Basic knowledge of the internet and computing.
Course Characteristics:	– No distance or in-person tutoring; – No selection process; – Certificate awarded upon achieving a minimum of 60% in the assessment activity; – Interactive forum space available; – Full autonomy granted to participants to organize their own study schedule without the need for tutoring.
Learning Sessions:	– Introduction to Computational Thinking and the investigative universe of Sherlock Holmes (analysis of Scotland Yard cases: 67 and 101); – The four pillars of CT: Decomposition, Pattern Recognition, Abstraction, and Algorithms; – Textbook and Unified Activity Mode.
Methodology:	Course access is open via self-registration, which requires a quick sign-up and profile creation in the VLE, where all materials are hosted. Content is available for participants to study independently through video lessons and complementary materials. To encourage deeper engagement with the topics, participants have access to discussion forums within the virtual environment. These forums serve as spaces for sharing ideas and discussing the proposed content, fostering peer exchange.



Assessment Process:

The assessment activity consisted of a practical task inspired by the Unified Activity Model. Participants had to develop two activities aimed at verifying the potential for integrating Computational Thinking into their teaching practice.

4. Results and Discussions

The results were organized based on the remaining data from Survey Form 1, the assessment activity, and Survey Form 2. These results will be described separately below.

4.1 Survey Form 1 – Profile Mapping, Prior Knowledge, and Expectations

In addition to mapping the participants' profiles, as described in the methodology, the study also investigated whether there were students in the instructors' classrooms who belonged to the target audience of special education (i.e., students with disabilities, global developmental disorders, and/or high abilities/giftedness). The data from the electronic form were compiled, and results showed that 53.6% of instructors reported not having students from the special education target group in their classrooms, while 46.4% said they did. The reported student profiles included: Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), Global Developmental Disorder (GDD), Autism Spectrum Disorder (ASD), Intellectual Disability (ID), Multiple Disabilities (MD), Deafness or hearing loss, Blindness or low vision, Down Syndrome, Angelman Syndrome, Physical Disabilities, Oppositional Defiant Disorder (ODD), and High Abilities/Giftedness (HA/G). This mapping was important since the study by [13] indicated that CT activities using an unplugged approach helped students develop other skills, such as concentration, memory, and organization. It also supported discussion on potential adaptations required by instructors working with students in Special Education.

Regarding instructors' prior knowledge of CT (Computational Thinking), only 13% stated that they were unfamiliar with the term, while 87% reported having some knowledge of the topic. This suggests that most participants already worked with or had some exposure to Computational Thinking content. As for awareness of the incorporation of CT into the BNCC, 24.6% of instructors reported not being familiar with it, while 75.5% indicated they were aware of it. When asked about the application of CT in their teaching practice, 19.8% considered it a complex and challenging process. In contrast, 80.2% stated that its implementation could occur smoothly and easily, as all had already undergone changes in teaching concepts and paradigms during the period of remote learning.

Finally, regarding expectations for the course, instructors expressed a variety of anticipated outcomes. These included learning about the topic, updating or deepening their existing knowledge, discovering new concepts, improving teaching strategies, receiving guidance and practical suggestions, exchanging experiences, acquiring knowledge to foster innovation in the classroom, contributing to quality education, breaking down barriers, gaining new perspectives on the topic, and the possibility of providing differentiated support to students who are part of the special education target group. Overall, these were very positive expectations.

4.2 Assessment Activity

The assessment activities were compiled using the Content Analysis methodology proposed by [4]. The primary goal of the data analysis was to critically understand the meaning of what had been asked, identifying both explicit and implicit meanings. The data were analyzed within an interpretive context, based on guidelines established by the hypotheses in relation to the proposed theoretical framework (pedagogical organization). The analysis was carried out in two stages: a) pre-analysis and b) material exploration, treatment of results, inferences, and interpretation (Figure 1 – Section 2). The results will be presented according to each of stages.

Pre-analysis

This phase involves organizing the data with the objective of building the research corpus. "The corpus is the set of documents taken into account to be submitted to analytical procedures" [4]. To this end, an initial floating reading was carried out to establish contact with the data and gain a first impression of the messages



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

they contain, allowing ourselves to be “invaded by impressions, representations, emotions, knowledge, and expectations” [4]. After this stage, out of the 60 students who completed the course, 32 submitted activities, representing 53% of the sample. However, not all of them were eligible. These documents formed the corpus, and, at this point, we referred to the 'homogeneity rule' proposed by [4]. According to this rule, the selected documents must be homogeneous, that is, they must meet specific selection criteria and not exhibit excessive singularities beyond those criteria [4]. The activities met this rule. Finally, we developed a summary table to measure the quantity of submitted activities, including the total number of activities categorized according to the BNCC component and the number of eligible and ineligible activities. The data are illustrated in Table 5. The results showed that of the 32 submitted activities, 24 were included in the analysis, accounting for 75% of the sample. This enabled us to formulate thematic indicators to be categorized in later phases and to extract the initial categories. These initial categories were configured as first impressions of the reality being studied. In the case of applied activities, they refer to the BNCC components associated with each activity proposed by the teacher groups. The initial categories are listed in Table 4.

Table 4. Initial Categories.

Code	Initial Categories
ATV1	Arts
ATV2	Natural Sciences
ATV3	Religious Education
ATV4	Geography
ATV5	History
ATV6 e 7	Informatic
ATV8 a 20	Mathematics
ATV21 a 24	Portuguese Language

Once this first part of the pre-analysis is complete, we proceed to the second phase, as presented by [4] and [7], known as the exploration of the material.

Exploration of the Material, Treatment of Results, Inferences, and Interpretation

Continuing with the process, Content Analysis emphasizes the stage of material exploration. This phase is aimed at the categorization or coding of the study. At this point, analytical description deepens the investigation, guided by hypotheses and theoretical frameworks [12]. Category definitions are refined by identifying the constitutive elements of a meaningful analogy within the research — that is, the categories themselves. Categorical analysis thus involves the breakdown and subsequent grouping or regrouping of the corpus. During this stage, the established corpus is examined more thoroughly in order to identify recording and context units. As [4] states, “raw results are processed in such a way as to render them significant and valid.” Following this, a thematic axis was defined, serving as a “background” that gives meaning to the units of analysis in this study — referred to here as the “Guiding Concepts” [7].

Thus, we proceeded with identifying the recording units. According to [7], “the recording unit is the smallest portion of content, whose occurrence is registered according to the identified categories.” These units, as [7] notes, may vary and can be interrelated — such as a word, theme, character, or item [4]. In practical terms, we worked with a single type of recording unit, defined as “written records.” As for the context units, they were established based on the criterion of relevance and framed as “Guiding Concepts,” aimed at briefly describing the categories found and analyzed. In this first phase, the guiding concept referred to (1) the description of the problem and objectives of the proposed activities and (2) the skills to be developed through the activity.

Finally, we built the guiding concepts by describing the data and progressively organizing the results after treating and systematizing elements (phrases and words). Through the analytical process and regroupings, we identified the intermediate categories and organized them into themes connected to the guiding concepts. Following the tone of analysis, we arrive at the final category. This is understood as the merging of secondary categories and the reinterpretation of the guiding concept [6]. In this final phase, we expanded the guiding





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

concepts by including (3) the expected outcomes from implementing the activities and (4) the methodological path to be applied for this purpose, as well as the necessary materials. Table 5 presents these results, available at: <https://bit.ly/45WrAWZ>.

With the listed intermediate categories, we can partially verify the relevance of the activities in the students' educational process from the perspective of Computational Thinking (CT). To this end, the activities were planned based on the problem description and their overall objective. Identifying the final categories within the analysis process is crucial, as it shows that the items developed relied on pre-defined concepts that confirmed the relevance of the study's application. This analysis used the study's tools and objectives, guided by the participants' perceptions. In the final step—interpreting and drawing inferences from the data—we can clearly see how the initial categories expanded. Table 6 presents this result.

Table 6 presents how the initial categories (BNCC components) relate to other components of the BNCC. The teachers' proposed activities reveal an interdisciplinary nature, which aligns with one of the key goals of the Unified Model of Activities. These findings support the hypothesis that such integration is possible. Specifically, 17 out of the 24 activities demonstrate interdisciplinary connections, accounting for 71% of the sample. Among the disciplines, mathematics stood out as the one with the least interdisciplinary engagement. Of the 13 submitted activities, five lacked interdisciplinary elements, representing 38% of the sample.

Table 6. Final Inferences – Relationships Between BNCC Components.

Code	Initial Category (BNCC Component) of the Activity	Other Components (BNCC) Associated with the Activity	In what way	Interdisciplinary Activity?	
				YES	NO
ATV1	Arts	Not applicable	Not applicable.		X
ATV2	Natural Sciences	Portuguese Language	Through the interpretation of texts and their subsequent performance.	X	
ATV3	Religious Education	Arts	Through the creation of tissue paper flags.	X	
ATV4	Geography	History	Through the recognition of family and community structures, their histories and origins.	X	
ATV5	History	Arts	Through cutting and setting up the scene.	X	
ATV6	Informatic	Portuguese Language	Through text production and the exploration of categories for book creation.	X	
ATV7		Natural Sciences	Through raising awareness about care, hygiene, and prevention against COVID-19.	X	
ATV8	Mathematics	Informatic	Through the use of Scratch 3.0.	X	
ATV9		Not applicable	Not applicable.		X
ATV10		Arts	Through the creation of the neighborhood matrix.	X	
ATV11		Not applicable	Not applicable.		X
ATV12		Not applicable	Not applicable.		X
ATV13		Informatic	Through the use of the Lego Education Wedo 2.0 robotics kit.	X	
ATV14		Arts	Through drawing the race track.	X	
ATV15		Not applicable	Not applicable.		X
ATV16		Arts	Through cutting and pasting geometric shapes.	X	
ATV17		Not applicable	Not applicable.		X

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Code	Initial Category (BNCC Component) of the Activity	Other Components (BNCC) Associated with the Activity	In what way	Interdisciplinary Activity?	
				YES	NO
ATV18		Arts e Geography	Through cutting, pasting, and mapping coordinates of school spaces.	X	
ATV19		Portuguese Language	Through reading and interpreting information.	X	
ATV20		Arts	Through assembling spatial and flat geometric figures.		
ATV21	Portuguese Language	Arts	Through cutting and pasting the syllabary.	X	
ATV22		Arts	Through cutting and pasting words.	X	
ATV23		Arts	Through assembling the alphabet chart.	X	
ATV24		Not applicable	Not applicable.		X

Finally, it is important to emphasize the need for a detailed methodological description (a step-by-step account of data analysis). According to the study by [1], insufficient detail in the application of data analysis methods compromises the credibility of research. It is crucial to clearly describe both the processes and decision-making stages related to corpus formation, data treatment, and analysis procedures. The elements used to form the categories (initial, intermediate, and final), derived from the activities developed by the teachers, demonstrate that high-quality didactic transposition is possible when supported by the teaching materials offered during the course. These inferences provided valuable insights and helped achieve our goals by allowing an epistemic analysis of the teachers' proposed activities, ultimately reinforcing the contribution of the teaching materials to the 'Computing in Schools' movement.

Survey Form 2 – Course Evaluation

For this electronic form, we mapped participants' opinions using a five-point scale, where 1 represents the lowest score and 5 the highest. The scale followed these parameters: 1 = Strongly disagree, 2 = Partially disagree, 3 = Neither agree nor disagree, 4 = Partially agree, and 5 = Strongly agree. Our goal was to create an opinion ranking using a fixed-response format. To analyze the results, we calculated the mean ranking (MR) of the responses based on the Likert scale method [9]. First, we multiplied each response by the score it received, then summed these values to obtain the weighted average. In the second step, we divided the total by the number of responses to calculate the final average ranking.

Regarding whether the course provided new practical and theoretical learning, 67% of participants fully agreed that the course contributed to acquiring new knowledge, 30% partially agreed, and 3% neither agreed nor disagreed, indicating a neutral stance. As for changes in perception regarding the topic of CT (Computational Thinking), 65% fully agreed that their perception had changed, 32% partially agreed, and 3% neither agreed nor disagreed, again indicating a neutral stance. These results are positives and suggest that the pedagogical organization was appropriate, given that the main goal was skill development. The ranking calculations are shown below, along with the table containing the question results:

Ranking for Question 1 = $(23 + 184 + 40 \cdot 5) / (2 + 18 + 40) = 4.6$

Ranking for Question 2 = $(23 + 194 + 39 \cdot 5) / (2 + 19 + 39) = 4.6$



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Table 7. Results of Questions 1 and 2.

Questions	Response Frequency					
	1	2	3	4	5	RM
1. Did the course provide you with new practical and theoretical knowledge?			2	18	40	4.6
2. Do you consider that your perception of the topic 'Computational Thinking' has changed as a result of the course?			2	19	39	4.6

Regarding the terms and language used by the facilitator to address the concepts, 83% of the teachers fully agreed that both the terminology and the thematization were helpful, while 17% partially agreed. As for the theoretical elements of the course, the evaluation focused on whether it was possible to understand what CT is and its four pillars. Results showed that 73% of the teachers fully agreed that they understood the content, 25% partially agreed, 9% neither agreed nor disagreed, and 2% expressed a neutral stance. These results, when compared to the outcomes of the exercises, appear aligned considering that the performance in the activities reached 79% accuracy on average. Additionally, participant satisfaction with the course was evaluated: 78% of the teachers fully agreed with the statement regarding satisfaction, 20% partially agreed, and 2% neither agreed nor disagreed, showing a neutral stance. The ranking calculations are presented below:

$$\text{Ranking for Question 3} = (10*4 + 50*5) / (10+50) = 4.8$$

$$\text{Ranking for Question 4} = (1*3 + 15*4 + 44*5) / (1+15+44) = 4.7$$

$$\text{Ranking for Question 5} = (1*3 + 12*4 + 47*5) / (1+12+47) = 4.8$$

Table 8. Results of Questions 3, 4, and 5.

Questions	Response Frequency					
	1	2	3	4	5	RM
3. Was the language or the terms used by the instructor easy to understand?				10	50	4.8
4. Considering the theoretical elements of the course, were you able to understand what Computational Thinking is and its four pillars (decomposition, pattern recognition, abstraction, and algorithms)?			1	15	44	4.7
5. Were you satisfied with the course?			1	12	47	4.8

Regarding the implementation of activities in the classroom, the results show that 67% of the teachers fully agreed on applying them, 27% partially agreed, 5% neither agreed nor disagreed (showing neutrality), and 1% partially disagreed. As for creating new activities based on the model, 77% of the teachers fully agreed it is possible, 22% partially agreed, and 1% partially disagreed. The ranking calculations are shown below:

$$\text{Ranking for Question 6} = (12 + 33 + 164 + 405) / (1+3+16+40) = 4.3$$

$$\text{Ranking for Question 7} = (12 + 134 + 46*5) / (1+13+46) = 4.7$$

Table 9. Results of Questions 6 and 7.

Questions	Response Frequency					
	1	2	3	4	5	RM
6. Would you consider using/applying the practical activities from the Unified Model of the teaching materials in your classroom?		1	3	16	40	4.3
7. Do you think it is possible to create (or adapt) new activities using the Activity Model as a reference?		1		13	46	4.7

5. Final Considerations and Future Work

The objective of the study was to present the pedagogical organization of a continuing education course for Basic Education teachers, aiming to train them in the concepts and practical applications of PC, while also



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

assessing whether the teachers could effectively carry out didactic transposition using the proposed teaching materials. The results of the applied activity demonstrated that the teachers were able to perform didactic transposition, as new activities were created based on the model presented in textbooks, with teachers working freely—that is, choosing the components and themes they wanted to explore and associate with Computational Thinking. The results also highlighted the value given to interdisciplinarity in the developed activities. The submitted activities revealed that 71% of them exhibited this characteristic. In this context, the main goal of interdisciplinarity is to provide students with tools to enrich their worldview. Through this approach, individuals of all ages understand that the same fact or topic can be observed and studied from different perspectives. Additionally, interdisciplinarity can be seen as a tool for connecting knowledge. It acts as a meeting point for all subjects, helping to bring meaningful experiences and a practical worldview to students.

The evaluation data revealed that 65% of teachers noticed conceptual changes regarding CT, 67% identified new practical and theoretical learning on the topic, 67% considered it feasible to apply the activities in the classroom, and 77% confirmed that it is possible to create new activities based on the activity model, facilitating the didactic transposition of the content. These results are positive. We hope that the teaching materials produced will promote the dissemination of CT among Basic Education teachers, aiming to ensure the development of skills methodically and systematically through different cognitive processes, as required by the BNCC, so that they may be used by teachers and students who follow a path of discovery, connected to technologies that permeate many of our interactions with the world. Finally, as future work, we intend to expand the teaching collection to include all years of Basic Education and to enhance the course content, seeking to encompass the other axes of BNCC Computing: Digital Culture and Digital World, ensuring that training in BNCC Computing skills is complete.

6. References

1. Abadia, Lilian Rolim; Sousa, Carlos Ângelo de Meneses. Como fazer análise de conteúdo? Relato de experiência de uma oficina de metodologia da pesquisa (How to conduct content analysis? Report of an experience from a research methodology workshop). ETD Educação Temática Digital (Thematic Education in Digital Context), v. 25, n. 00, p. e023003, October 2023. Available at: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8664015>. Accessed on: April 25, 2023.
2. Ferreira Guarda, Graziela; Crespo Coelho da Silva Pinto, Sérgio. Materiais didáticos para formação de professores da educação básica em pensamento computacional. Revista Observatório, [S. l.], v. 9, n. 1, p. a28pt, 2023. DOI: 10.20873/ufu.2447-4266.2023v9n1a28pt. Disponível em: <https://sistemas.ufu.edu.br/periodicos/index.php/observatorio/article/view/15126>.
3. Bardin, Laurence. Análise de conteúdo (Content Analysis). Lisbon: Edições 70, 1977, 2004, 2010, 2011.
4. BRAZIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas. Brazilian Basic Education Yearbook / All for Education, 2021. Editora Moderna. Available at: https://todospelaeducacao.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2021/07/Anuario_21final.pdf.
5. Fossá, Maria Ivete Trevisan. Proposição de um constructo para análise da cultura de devoção nas empresas familiares e visionárias (Proposal of a construct for the analysis of the culture of devotion in family and visionary businesses). Doctoral Thesis in Administration. Federal University of Rio Grande do Sul, School of Administration, 2003.
6. Franco, Maria Laura Puglisi Barbosa. Análise de conteúdo (Content Analysis). 3rd ed. Brasília: Liber Livro, 2008.
7. Gil, A. C. (1999). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (Methods and Techniques of Social Research). Atlas, São Paulo, 5th edition.
8. Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.
9. Medeiros, S. R. S.; Martins, C. A.; Medeiros, I. G. *Materiais didáticos utilizados nas formações de professores em Pensamento Computacional* (Didactic materials used in teacher training on Computational Thinking). In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 32, 2021, Online. Proceedings [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021. p. 1096-1106. doi: <https://doi.org/10.5753/sbie.2021.218681>.
10. Minayo, Maria Cecília de Souza (Ed.). *Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. Pesquisa social: teoria, método e criatividade* (Science, technique and art: the challenge of social research. Social research: theory, method and creativity). Petrópolis, RJ: Vozes, p.09-29, 2021.
11. Mozzato, Anelise Rebelato; Grzybovski, Denise. Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios (Content Analysis as a Technique for Analyzing Qualitative Data in the Field of Administration: Potential and Challenges). *Revista de Administração Contemporânea*, v. 15, n. 4, p.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- 731-747, July 2011. Available at: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/1537/analise-de-conteudo-como-tecnica-de-analise-de--->. Accessed on: October 15, 2022.
12. Silva, N., Santos, I., Orleans, L. *Ensino Inclusivo de Pensamento Computacional: um Relato de Experiência* (Inclusive Teaching of Computational Thinking: An Experience Report). In: Workshop sobre Educação em Computação (WEI), 27. 2019, Belém. Proceedings [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019. p. 81-90. ISSN 2595-6175. doi: <https://doi.org/10.5753/wei.2019.6619>.
 13. Sociedade Brasileira de Computação (SBC). (2021). *Educação Superior em Computação – Estatísticas 2021* (Higher Education in Computing – 2021 Statistics). Available at <https://www.sbc.org.br/wp-content/uploads/2024/07/Educao-Superior-em-Computa-o-Estati-sticas-2021.pdf>.
 14. Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
 15. Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>.





Analysis of Online Education from the perspective of undergraduate students of Computer Science and Computing Engineering and reflections on Blended Learning

Graziela Ferreira Guarda¹[0000-0002-7790-0723] Julián Alberto García García³[0000-0003-2680-1327] María José Escalona Cuaresma³[0000-0002-6435-1497] Javier Jesus Gutierrez Rodriguez³[0000-0001-6955-0842] Yorah Bosse²[0000-0002-1353-0866] and Leila Weitzel¹[0000-0002-3090-3556]

¹ Fluminense Federal University, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, 28895-532, BRA

² University at Buffalo, Buffalo, New York, 14260-1660, USA

³ University of Seville, Seville, Spain, 41012, ESP

graziela guarda@id.uff.br, juliangg@us.es, mjescalona@us.es, javierj@us.es, yorah@buffalo.edu, leila_weitzel@id.uff.br

Abstract. The article discusses the relationship between stress factors in higher education students related to the adoption of online educational practices. Thus, this study sought to identify the perceptions of Computer Science and Computer Engineering students studying at four higher education institutions in different countries regarding online classes, and to analyze the emotional factors that influence continuance rates, academic performance, determination in the face of difficulties, and the positive and negative points of distance learning. To this end, a survey was carried out with 372 students. The results showed that online classes are feasible and that the students achieved the proposed educational objectives. However, online education still needs improvement, including the implementation of solutions that will lead to higher levels of engagement, involvement, and motivation among students.

Keywords: Online education, blended learning.

1. Introduction

We have been practicing and researching Distance Education and Online Education for many years, but we could never have imagined that, overnight, people would be learning and teaching through digital technologies on the network. As a starting point, in order to understand each other, we need to differentiate Distance Education (DE), which is an alternative educational modality to face-to-face education, from what we call Online Education (OE), which is a didactic-pedagogical approach. The term Distance Education was proposed in the early 1970s to identify a form of teaching and learning that took place away from the classroom. From an empirical analysis of a selection of distance education programs, [9] identified three sets of critical factors: the structure of the teaching program, the interactions or dialogue between students and teachers, and the autonomy of students, who must decide on what to learn, how to learn and how much to learn.

More recently, DE has been defined as a form of teaching and learning where students and teachers are physically or temporally separated and communicate and manage dialogues through Information and Communication Technologies (ICTs) [8]. The DE is an educational modality in which didactic-pedagogical mediation in the teaching and learning processes is conducted using ICT resources, with students, tutors and teachers performing educational activities at different times or in different places. It has a mode of operation with its own didactic-pedagogical conception encompassing content, activities, and an entire design focused on the characteristics of general and specific knowledge areas and on the student assessment process [3]. Nevertheless, in DE, it is necessary to create a teaching model. This consists of a pedagogical architecture

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022



covering organization, content, methodology, technology and the pedagogical strategies to be employed. The model is aimed at students, teachers, tutors, and managers, who are considered the subjects of distance learning. On the other hand, OE offers a different approach to distance education, taking advantage of virtual teaching and learning environments to overcome space and time constraints and proposing pedagogical methodologies mediated by technology. The concept of online learning is related to e-learning, which uses the resources offered by the internet to disseminate and connect content, facilitating collaboration between students and making learning student-focused [2].

The model known as online teaching can therefore be understood as a set of temporary solutions that give continuity to pedagogical activities using the internet as its main support tool. This teaching modality is normally used over short periods and is supported by digital platforms [11]. It is also characterized by digitally mediated synchronous or asynchronous activities, with frequent meetings being organized each week following the same schedule as the face-to-face activities that took place before the distancing restrictions imposed by the pandemic [1]. The OE [7] can be seen as a temporary shift to an alternative teaching mode due to crisis circumstances. In this model, fully remote teaching solutions are used for instruction that would otherwise be delivered face-to-face or as blended or hybrid courses, and there is a return to the face-to-face format once the crisis or emergency subsides. For the authors, the primary objective in these circumstances is not to recreate a robust education ecosystem, but rather to provide temporary access to instruction and educational support in a way that is quick to set up and reliably available during an emergency or crisis. Regarding students, it is essential to engage with them and encourage them to say, write and do through digital media, and to helping them excel, reinvent themselves and, above all, be resilient [6].

Based on the context described herein, this study analyzes online teaching delivery in higher education through three components: institutional implementation patterns, identified system constraints, and measured student perceptions. To this end, 372 students were interviewed from four universities: The National University of La Plata NULP (Argentina), the University of Seville US (Spain), Jagiellonian University JU in Kraków (Poland), and the Catholic University of Brasília – CUB (Brazil). All the participants were enrolled on Computer Science or Engineering courses. Our objective was to answer the following research question: *How do students perceive and evaluate online teaching in terms of its applicability and acceptance?*

2. Method

2.1 Instrument Construction

Methodologically, this study employed a survey research design, which involves collecting data directly from a target population using questionnaires [5]. An electronic form was developed to gather responses from participants representing the study population. The research aimed to examine students' perceptions of online teaching regarding its applicability and acceptance. The questionnaire consisted of three sections

1. General scope: to establish the students' profiles, the average duration of online classes, access to equipment and whether it was shared with others – questions 1 to 8 in Table 1.
2. Emotional aspects: to map perceptions, feelings, and emotions regarding online classes – questions 10 to 16 in Table 1; and
3. Lived experience: to define the students' experience with online classes – question 17 in Table 1.

The study addressed three research questions

- RQ1: What was the profile of the students, the average duration of online classes and the equipment used?
- RQ2: What emotional aspects influence student's continuation in higher education, their academic performance and their willingness to take online classes?
- RQ3: What were the facilities or difficulties, the positive and negative points of the student's lived experience?

Table 1 presents the survey questions and response options used to collect data on students' perceptions of technical, methodological, and emotional components of online learning available at: <https://bit.ly/3HjSIvl>. The



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

questionnaire addressed multiple dimensions including access to courses, technological tools employed, typical class duration, factors affecting persistence in higher education, and academic outcomes. It also examined reported challenges and benefits encountered during online learning experiences.

2.1 Target

The survey included 372 undergraduate students enrolled in Computer Science or Computer Engineering programs. The sample consisted of 80 participants from the National University of La Plata (Argentina), 169 from the Catholic University of Brasília (Brazil), 69 from the University of Seville (Spain), and 54 from Jagiellonian University w (Poland). Universities were selected based on convenience sampling. Participants were recruited through lecturer and course coordinator networks at each institution. Inclusion criteria required students to be: (1) currently enrolled at one of the selected universities, and (2) previously enrolled in face-to-face instruction formats. The sole exclusion criterion was refusal to provide informed consent. The questionnaire (Table 1) was distributed electronically via Google Forms. Questions 7 and 8 were conditional, appearing only for respondents who answered 'Yes' to question 6; all other questions were mandatory. The questionnaire required approximately 5 minutes to complete. Participants first reviewed study information and provided informed consent before accessing questions. All collected data are included in this article, with results presented in the following section.

3. Results and discussions

The electronic questionnaire utilized a Likert scale for responses. Results were organized according to the established research questions and categorized by institution: National University of La Plata (NULP), Catholic University of Brasília (CUB), University of Seville (US), and Jagiellonian University (JU).

3.1 Results of general questions (RQ1)

The questionnaire's demographic section (Questions 1-8 in Table 1) revealed a gender distribution of 70.0% male and 30.0% female participants. More specifically, at NULP 27.50% Female and 72.50% Male, at US 24.70% Female and 75.30% Male, at JU 27.80% Female and 72.20% Male and at UC 27.80% Female and 72.20%. The analysis of participant age distribution revealed that the majority of respondents (81.5%) were between 16 and 25 years old (Figure 1). This pattern was particularly evident at the University of Seville (US), where 95.6% of students fell within this younger age bracket, and only 4.4% were older than 26. The data showed significant institutional variations in age distribution: while most universities followed the overall trend of younger student populations, the proportion of participants over 26 years ranged from 4.7% at the Catholic University of Brasília (CUB) to 14.8% at Jagiellonian University (JU). These differences may reflect varying student demographics or enrollment patterns across institutions.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

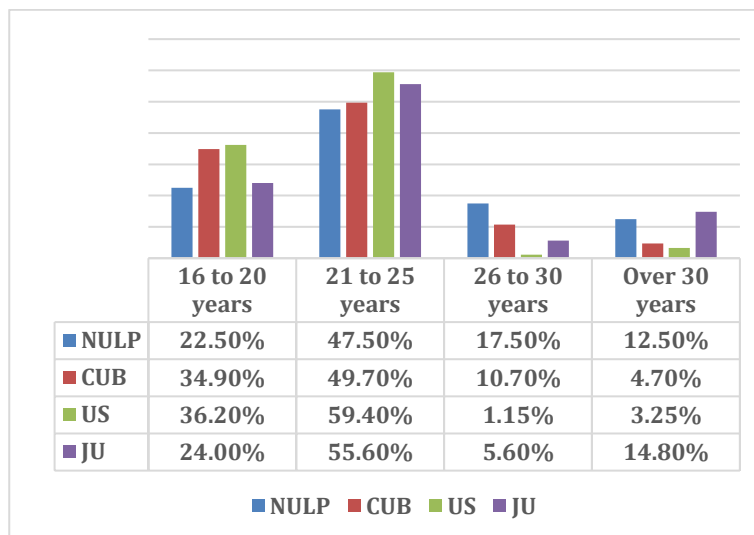


Fig. 1. Age distribution of participants across institutions: NULP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of students within each age category per institution (16–20, 21–25, 26–30, and >30 years).

Question 4 investigated typical online class durations ('How long does each online class usually last?'). The results revealed three distinct patterns: most students (62.5%) reported classes lasting 1.5-3 hours, while 33.2% experienced 1-1.5 hour sessions, and only 4.3% had classes shorter than 1 hour (Figure 2). These durations closely mirror traditional face-to-face class structures, suggesting maintained academic workload standards in the transition to digital formats. However, this finding raises important pedagogical considerations. The physical and cognitive demands of screen-based learning prompt questions about whether online classes might benefit from re-designed time structures. Could learning objectives be achieved more efficiently through optimized digital formats? This question gains particular relevance when examining institutional variations at CUB and US, exceptionally high percentages of students (85.5% and 92.8% respectively) reported classes in the longest duration category (1.5-3 hours), potentially exacerbating digital fatigue.

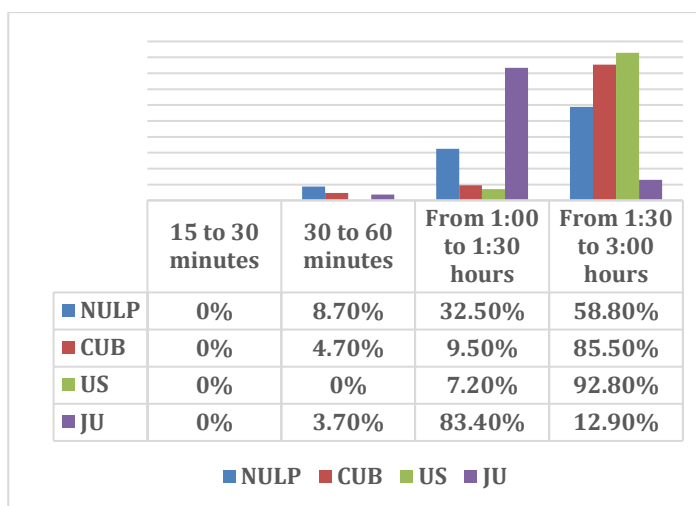


Fig. 2. Duration of online classes of participants across institutions: NULP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of duration of online classes (15 to 60 minutes, 1:00 to 3:00 hours).

The question 5: "What technical resources are used to access your online classes?", it was important to identify what equipment was used to participate in online classes. The results showed that on average 68.3% of students participated in classes using computers. 2.2% said they participated by cell phone, 28.8% reported



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

using both of those resources and 0.7% answered that they did not participate in online classes (see Fig. 4). The data indicate that 0.7% of students did not attend online classes. This suggests that full equipment access across the sample cannot be confirmed, as lack of access would prevent participation. Non-attendance may also reflect personal preference regarding online learning formats. Among participants, 2.2% reported using mobile devices for classes. The survey included this option due to documented constraints of mobile platforms in academic contexts, particularly screen dimensions and display characteristics during sessions lasting 1.5 to 3 hours.

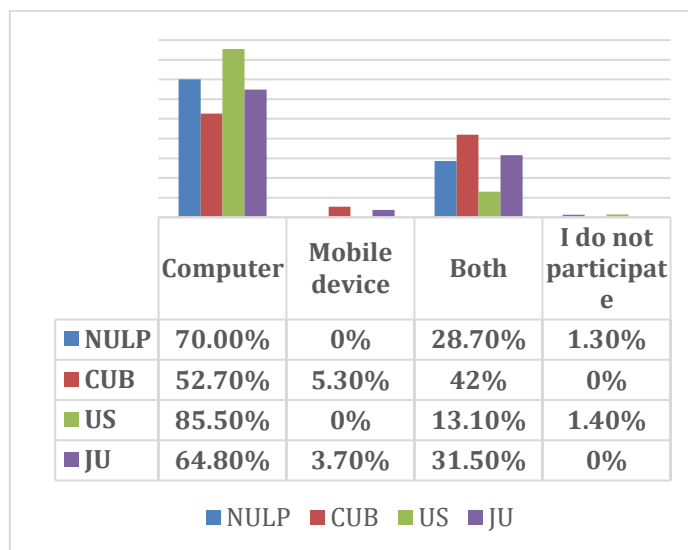


Fig. 3. Percentage distribution of online class participation methods by institution: NULP, CUB, US, JU. Percentages represent the proportion of technical resources of online class participation (Computer, Mobile Devices, Both or not participate).

The question 6: “Is the device you use to access your online classes shared with other members of your family?”, and the subsequent complementary questions (7 and 8) were included to establish whether the sharing of available equipment was any impediment to participation in classes online. The answers showed that, on average, 84.9% of the students did not share their equipment, this being a high percentage compared to the 15.1% who do (see Fig. 4). In this item, the university where students shared their equipment the least was US, with only 5.7% of the sample. The university with the highest percentage of sharing was CUB, with 24% of the sample. This tends to reflect the students’ socioeconomic situation.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

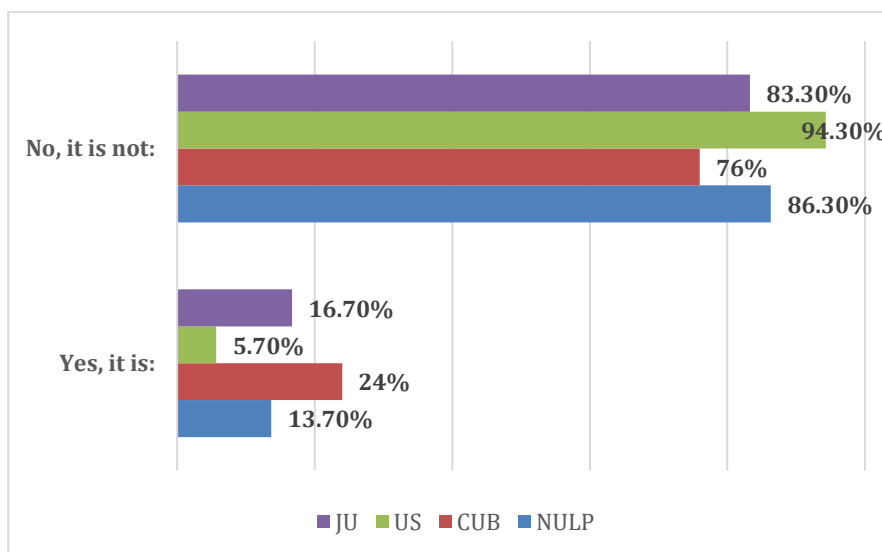


Fig. 4. Shared devices of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of device shared, if shared or not.

Students reporting shared device use (Question 6) were asked about household sharing patterns (Question 7). The results showed distinct institutional variations: (a) National University of La Plata (NULP): 54.5% shared with one person, 45.5% with two, and 0% with more than two. (b) Catholic University of Brasília (CUB): 35.9% (one), 38.5% (two), and 25.6% (>two). (c) University of Seville (US): 50% (one), 25% (two), and 25% (>two). (d) Jagiellonian University (JU): 66.7% (one) and 33.3% (two), with 0% sharing beyond two people. Regional patterns emerged, with Latin American institutions (CUB, NULP) showing higher variability in sharing configurations compared to European counterparts (US, JU). The complete distribution is presented in Figure 5.

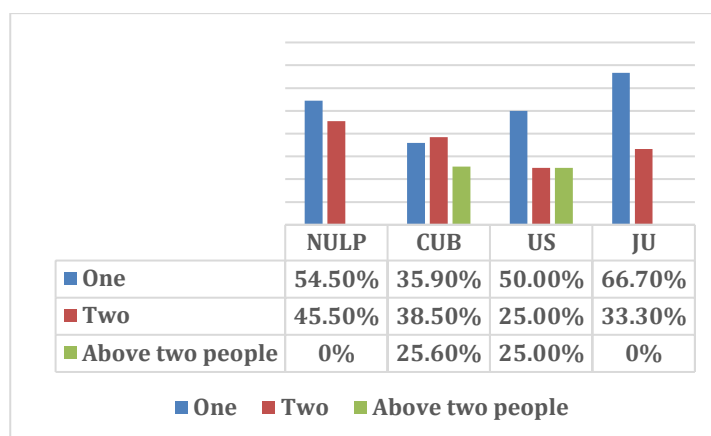


Fig. 5. People sharing the devices of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU.

The question 8: 'If you answered YES to question 6, does this situation hinder your participation in online classes?', the answers obtained showed that, on average, 67.6% of students said that sharing did not hinder or prevent their participation in synchronous classes (see Fig. 6). On the other hand, 32.4% stated that sharing hindered or made participation in classes unfeasible. This highlights the difficulties of continuance in the EO system, especially in the case of students in more vulnerable socioeconomic situations who do not have the equipment they need to frequently attend online classes. The university with the highest percentage of respondents reporting impediments (43.9% of the sample) was CUB. This concurred with the data obtained for the previous item.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

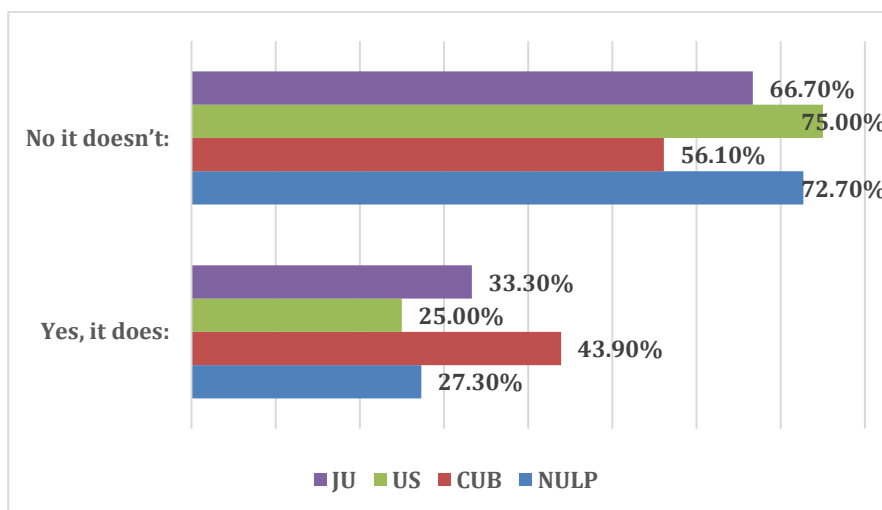


Fig. 6. Impediments to participation in online classes of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU.

3.2 Results of the questions on emotional aspects (RQ2)

The questions on emotional aspects included questions 9 to 16 in Table 1. Question 9: 'In relation to NOT using the webcam, list the reasons that lead you to not enable the camera during online classes' made it possible to map aspects of online classes related to motivational and affective issues affecting participation. In this item, students could select more than one answer option. The results are shown in Table 2:

Table 1. Main reasons for NOT using the camera in synchronous classes.

Reason / University:	NULP	CUB	US	JU	Arithmetic Mean
Shyness	53.8%	46.75%	60.9%	53.7%	53.8%
No preparation (being in pajamas, sleepy appearance, untidy hair, etc.)	48.8%	54.44%	69.6%	59.3%	58.0%
Non-participation of other colleagues (or majority)	42.5%	30.18%	53.6%	33.3%	39.9%
Cyberbullying	2.50%	5.33%	1.44%	7.40%	4.17%
Technical problems	35.0%	36.69%	18.9%	24.1%	31.9%
Exposure of your home environment	33.8%	31.45%	43.5%	18.5%	31.8%
To avoid having to actually be present in class	11.3%	5.58%	24.6%	5.56%	11.8%
I do not participate in online classes; I only watch the recordings later	21.3%	2.96%	8.70%	3.70%	9.2%



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Reason / University:	NULP	CUB	US	JU	Arithmetic Mean
Others	13.8%	10.3%	11.6%	13.0%	12.2%

The data indicate that 58% of students reported not activating their cameras due to perceived lack of preparation (e.g., sleepwear, disheveled appearance). Additional reasons included: shyness (53.8%), technical limitations (31.9%), peer behavior (39.9% reported following classmates' camera usage patterns), discomfort with home environment exposure (31.8%), concerns about cyberbullying (4.17%), intentional non-participation while maintaining login (11.8%), and absence from synchronous sessions or lack of webcam access (9.2%). Unspecified reasons accounted for 12.2% of responses. Regarding synchronous online learning, the reluctance to use cameras raises significant concerns, particularly regarding cyberbullying and the perception of non-mandatory presence. According to [10] cyberbullying can lead to severe psychological sequelae, including depression, anxiety disorder, and panic syndrome, as well as long-term impacts such as academic underperformance, low self-esteem, and social-occupational difficulties. In extreme instances, it correlates with substance abuse and suicide. Notably, 7.40% of respondents at JU cited cyberbullying as a reason for camera disuse.

Untreated sequelae can lead to persistent trauma symptoms, impacting academic achievement, self-esteem, and social-occupational integration. These long-term effects may correlate with substance abuse and, in severe instances, suicidal ideation. Within the study, 7.40% of JU respondents specifically articulated concerns regarding cyberbullying. Students can avoid having actually to be present in the class because the teacher can never be 100% sure that the student on the other side of the screen is really there. Once the camera is off, a student can log in to the synchronous class and then leave the computer running, merely giving the teacher the impression that he/she is present. This can negatively affect the learning process and it is therefore important to find alternatives that can guarantee student participation and engagement. Issues associated with students' not really being present in online classes are lack of commitment and lack of motivation. These may be due to several factors and require further investigation.

The next questions sought to identify emotional and/or motivational aspects of the students. One of the main concerns regarding the changes experienced both by society in general and by specific groups such as students and teachers from different backgrounds is the emotional or affective impact caused and/or intensified by the COVID-19 pandemic. The psychological repercussions of the pandemic can negatively affect mental health, causing post-traumatic stress and anger, among other symptoms. Other effects include the fear of contracting the disease, frustration, boredom, reduced social interaction, loss of the usual routine, and a feeling of isolation from the rest of the world. Attention needs to be paid to the psychological effects of the pandemic and its repercussions on students' mental health, and to the in-depth discussion and implementation of programs to promote social and emotional skills in the younger population. Strategies must also be established to deal with traumatic episodes caused by the pandemic. Furthermore, it is important to consider that high levels of anxiety, depression and stress may be associated with factors other than the pandemic, such as personality or the amount of social support received [4].

The findings from Question 10, addressing student willingness to engage in online classes, indicate a varied distribution. On average, 47.5% of students reported average willingness, 23.5% low willingness, and 1.2% no willingness. Conversely, 27.8% expressed high willingness (see Fig. 7). A concerning observation is that 24.7% of the sample reported low or no willingness for online class participation. For students with average disposition, no significant cross-country differences were observed, indicating consistent results. However, University JU recorded the highest proportion (38.9%) of students with high willingness for online classes. This outcome at JU may correlate with the duration of their online sessions, as 83.4% of the sample indicated class lengths between 1:00 and 1:30 hours. This relationship highlights the significance of session duration in influencing student engagement and academic productivity in distance learning environments, suggesting further examination of optimal session length.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

	High	Average	Low	None
NULP	31.20%	47.50%	21.30%	0%
CUB	20.70%	46.70%	30.80%	1.80%
US	20.30%	47.80%	29.00%	2.90%
JU	38.90%	48.10%	13.00%	0%

Fig. 7. Student Willingness to Participate in Online Classes by University. Percentages represent the proportion of student willingness (high, average, low or none).

Question 11, "Do you feel tired or exhausted from classes being held in the remote format?", the results indicate that 31.9% of respondents, on average, experienced fatigue or exhaustion from the volume of asynchronous activities (see Fig. 8). Some respondents noted increased instances of backaches or headaches attributed to extended daily computer use. Additionally, 38.4% reported occasional fatigue, while 29.7% reported no fatigue or overwhelm. Poland recorded the lowest percentage of students (14.8%) reporting fatigue or exhaustion with online classes. This outcome may relate to class duration, as 83.4% of the sample indicated their classes lasted between 1:00 and 1:30 hours. These data again support the concept that online session duration influences student productivity and engagement, suggesting further consideration of optimal session length.

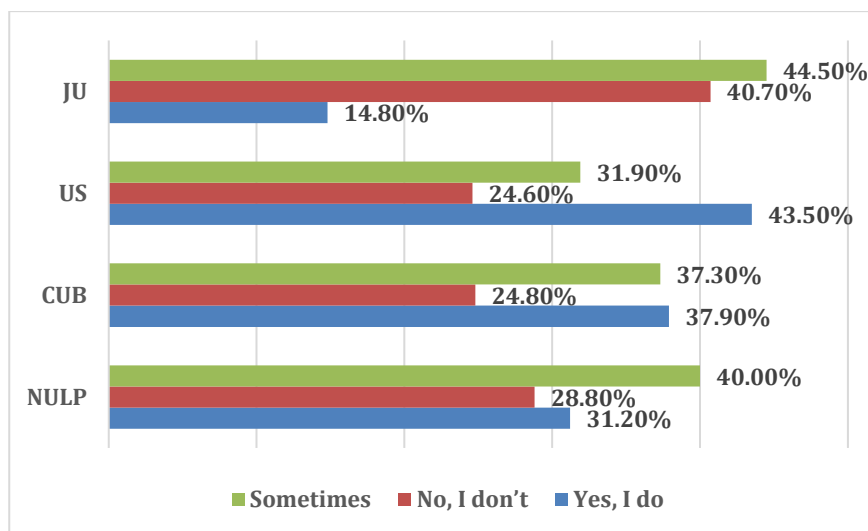


Fig. 8. Tiredness and exhaustion of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of feeling tiredness and exhaustion (sometimes, no or yes).

Analysis of Question 12, "Do you feel that your anxiety increases when you attend online classes?", reveals varying anxiety levels among participants. Specifically, 25.8% of respondents reported an increase in anxiety, 26.8% experienced it sometimes, and 47.4% observed no change (see Fig. 9). The JU reported the lowest incidence of increased anxiety, with 16.7% of its participants. This finding may correspond with the typical class duration at JU, where 83.4% of the sample reported online sessions lasting between 1:00 and 1:30 hours. Conversely, CUB demonstrated the highest rate of reported anxiety, affecting 39.6% of its sample. This data reiterates the potential influence of online session duration on student well-being and engagement, suggesting further investigation into optimal length for mitigating academic stress in virtual learning environments.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

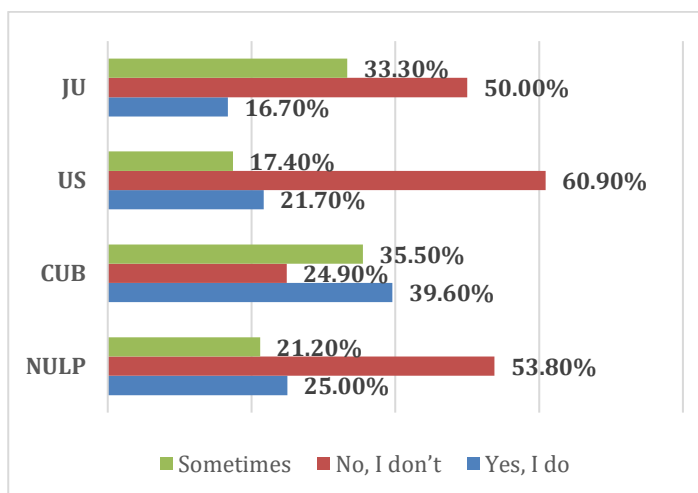


Fig. 9. Anxiety of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of anxiety feeling (sometimes, no or yes).

Question 13: “Do you feel lonely when you attend classes online?”, the data obtained showed that, on average, 53.8% of the participants revealed that they did not feel lonely with classes taking place mostly online, 22, 6% indicated that they sometimes felt lonely and 23.6% said that that they did feel lonely (see Fig. 10). In this item, the lowest percentage was again found at JU, with only 7.4% of the sample reporting feeling lonely. In contrast, the highest rate of loneliness (34.8% of the sample) was found at US. The feeling of loneliness is a factor that can be linked to motivation in general and may affect a student’s whole academic performance.

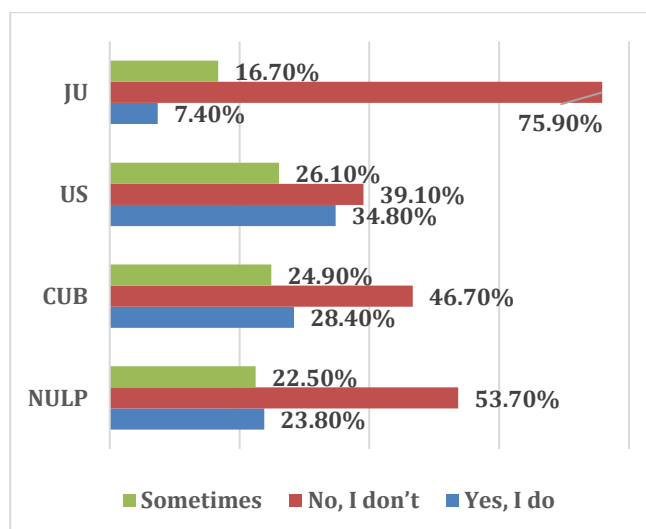


Fig. 10. Loneliness of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of loneliness feeling (sometimes, no or yes).

Question 14 addressed frustration by asking: “Do you feel some kind of frustration (i.e., an expectation that is not met in reality) when you attend classes online?”, the data obtained showed that, on average, 29.9 % of the participants felt frustration, 46.6% said that they did not feel frustration and 23.5% said that they sometimes did (see Fig. 11). In this item, JU again had the lowest percentage, with only 9.3% of the sample reporting feelings of frustration. The highest rate (43.2% of the sample) was found at CUB. The feeling of frustration may be related to students’ satisfaction with and adaptation to online classes and with their productivity. This



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

result reinforces the previous hypothesis that the most appropriate duration for online classes is between 1:00 and 1:30 hours.

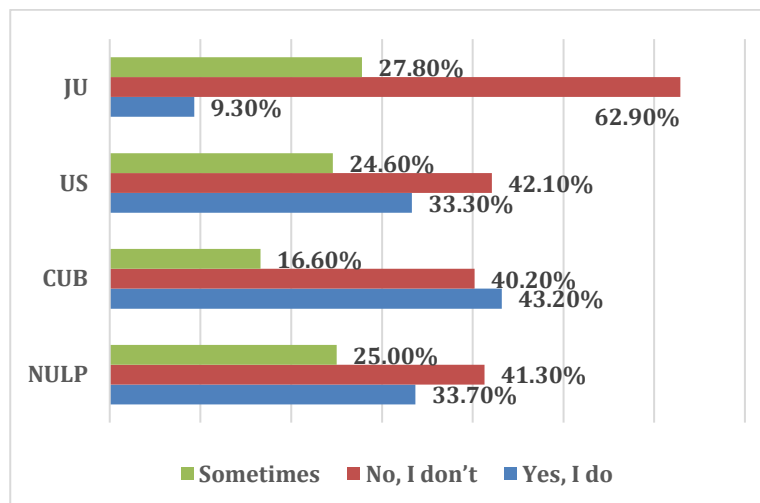


Fig. 11. Frustration of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU. Percentages represent the proportion of frustration feeling (sometimes, no or yes).

Regarding the remote performance of group activities addressed in question 15, “Do you think it is more difficult to carry out group teaching activities online?”, the data obtained showed that, on average, 47.8% thought it was more difficult, 29.8% said that they experienced no difficulty and 22.4% said that they sometimes experienced difficulty (see Fig. 12). In this item, the answers given by students from the different universities included in the survey were balanced, with almost half of the participants finding it difficult to perform group activities.

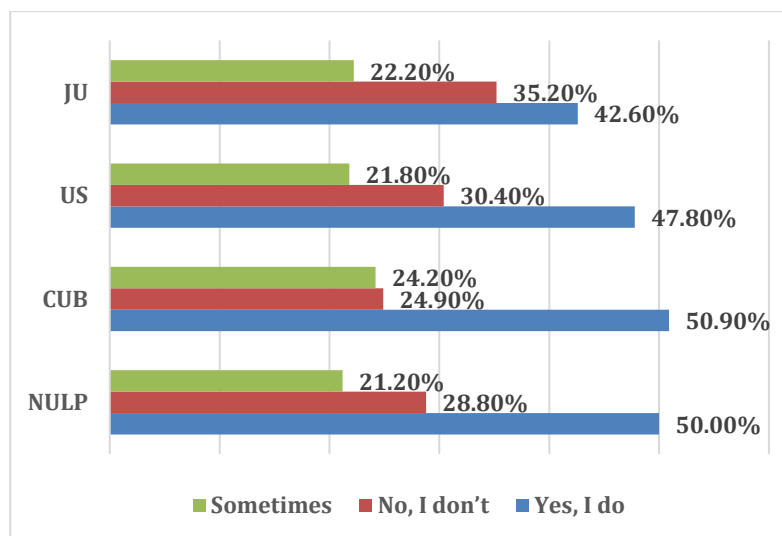


Fig. 12. Group teaching activities of participants across institutions: UNLP, CUB, US and JU.

Student perceptions of academic performance in online versus face-to-face instruction were measured through Question 16. The results showed that 37.9% of respondents reported no difference in performance, while 34.9% perceived improvement and 27.2% perceived decline (Fig. 13). Institutional analysis revealed significant variation, with Jagiellonian University (JU) showing the most favorable distribution: 53.7% of students reported improved performance compared to 18.5% reporting decline. Conversely, the University of



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Seville (US) showed the highest rate of perceived decline (31.9%), which corresponds with its having the highest percentage of students reporting feelings of loneliness in online learning (34.8%, Question XX). These institutional differences suggest that factors such as social isolation may contribute to variations in perceived academic outcomes across different learning environments.

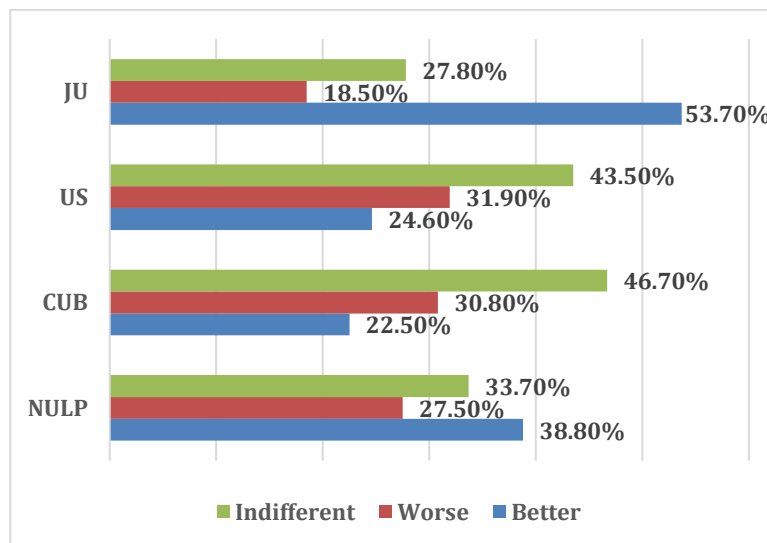


Fig. 13. Student perceptions of academic performance in online vs. face-to-face classes, by institution (JU, US, CUB, NULP). Percentages reflect responses of 'improved,' 'no difference,' or 'worsened.'

3.3 Results of the question about the lived experience (RQ3)

The question about the students' subjective experience (item 17 in Table 1), "Could you briefly explain your experience with EO, citing positives and negatives aspects? We invite you to express how you feel about the classes in this modality, and your degree of motivation.", mapped the positive and negative aspects of online classes experienced by participants, providing a broader picture of their perceptions regarding this form of learning. This was an essay question and the answers were compiled considering the summary of the main findings. The results showed that perceptions were the same from one country to another. The positive and negative aspects reported are described separately below:

Positive aspects:

- Possibility of reviewing recorded lessons or watching a missed synchronous lesson;
- No time lost due to locomotion / transport that may cause delays in classes or absences;
- Student autonomy;
- Students who feel more comfortable in their home environments reported that they perceived more creativity and freedom, and consequently greater productivity;
- Greater closeness to teachers relationships have become less formal;
- Opportunity to learn how to use new technologies;
- More dedication to studies due to greater availability of time;
- Comfort and practicality and Lower costs, generating savings for students and the possibility of reconciling concurrent study and work routines;
- Reassessment of ethics and the student's role. Greater commitment generating more proactivity.

Negative aspects:

- Lack of limits regarding encroachment of study time on leisure time, excessive use of online

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- communication tools such as WhatsApp;
- Considerable increase in asynchronous activities to compensate for the lack of face-to-face classes and Lack of preparation and suitability among teachers and Very long synchronous class periods that could be optimized;
- Facilities for “cheating” and unrealistic improvement in academic performance;
- Excessive number of questions irrelevant to the content interfering with the progress of classes;
- Distance from colleagues when performing laboratory activities;
- Noise from other family members and higher rates of distraction;
- Excessive number of presentations (slides) and/or very long videos and Assessments not well planned or adjusted;
- Student difficulties in answering questions and Increased feeling of procrastination;
- Infeasibility of field trips / technical visits;
- Lack of flexibility on the part of teachers in understanding interferences as technical problems that occur during and outside of classes;
- Difficulties in interaction and negatively affected relationships between teachers / students;
- Decreased enthusiasm for the course due to lack of personal interaction, feeling of not belonging to classes; Emotional and psychological damage to students, anxiety that did not exist before, appearance of ophthalmological diseases caused by the excessive use of screens.

4. Final Considerations and Future Work

The purpose of this study was to investigate how the implementation of online teaching in higher education has affected students who have gone through the complete cycle and have completed a full academic semester using this pedagogical format, and also to verify how those students feel about the new challenges that have to be faced. For students, these challenges are primarily related to the acceptance of this new modality and their adaptation to the new resources employed and the new way of attending classes, interacting with teachers and colleagues, and accessing content, which is now available in digital format. The study also looks at the difficulty of dealing with the feelings that arise in such a delicate, difficult time, and the need to understand that remote teaching is a new educational system for all involved, a system which is constantly being built, adapted, and evaluated. The main challenges for teachers can be linked to the need to review their teaching practices, to reposition themselves in the role of mediator teacher as opposed to sole holder of knowledge, and to rethink all evaluative practices. Intentional, well-programmed online teaching can promote an idea-build-test-learn cycle of innovation. The challenges will continue to be numerous, but education and the post-pandemic world will undoubtedly no longer be the same. Our research, although limited in scale, has important implications for both university management and university communities.

The study collected data from students from only four educational institutions in different countries, enrolled only on Computer Science and/or Engineering courses (limitations of the study). This specific profile was chosen because those students were already familiar with the use of technologies and digital media and we wanted to understand how such technologies affected their studies and academic performance. Our research has important implications for both university management and university communities these results can contribute to discussions on blended Learning. In this regard, it is important to take a flexible look at the demands of students. As a future project, we intend to verify how students' productivity has been affected by the lack of face-to-face classes, considering the feeling of loneliness identified in this study.

5. References

1. Alves, L. (2020). Educação Remota: entre a ilusão e a realidade. *EDUCAÇÃO*, 8(3), 348–365. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v8n3p348-365>.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

2. Aparicio, M., & Bacao, f. (2013). E-learning concept trends. In Proceedings of the 2013 International Conference on Information Systems and Design of Communication (pp. 81-86). doi: <https://dx.doi.org/10.1145/2503859.2503872>.
3. Araújo, R. M.; Amato, C. A. H.; Martins, V. F.; Eliseo, M. A. & Silveira, I. F. (2020). COVID-19, Changes in Educational Practices and the Perception of Stress by Higher Education Teachers in Brazil (COVID-19, Mudanças em Práticas Educacionais e a Percepção de Estresse por Docentes do Ensino Superior no Brasil). Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira de Informática na Educação RBIE), 28, 864-891. doi: <https://dx.doi.org/10.5753/RBIE.2020.28.0.864>.
4. Brooks, S. K., Webster, R. K., Smith, L. E., Wooland, L., Wessely, S., Greenberg, N., & Rubin, G. J. (2020). The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence, The Lancet, 395 (102227), pp. 912-920. doi: [https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30460-8](https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30460-8).
5. Gerhardt, T. E.; Silveira, D. T. (2009). Métodos de Pesquisa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 1a edição. ISBN 978-85-386-0071-8.
6. Guarda, G. F.; Rezende, S. M.; Pinto, S. C. C. S. (2021). Reflexões, Aprendizados e Experiências com o Ensino Remoto de alunos da Computação e Engenharias. Revista Novas Tecnologias na Educação. V. 19 Nº 1. doi: <https://dx.doi.org/10.22456/1679-1916.118418>.
7. Hodges, C; Moobondre, S.; Lockee. B.; Trust, T.; Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. Educause Review. Retrieved from <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>.
8. Moore, M. G., & Diehl, W. C. (2019). Handbook of Distance Education. Fourth Edition. New York: Routledge.
9. Moore, M. G. (1972). Learner autonomy: The second dimension of independent learning. Convergence, 5(2), 76. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/026768752863637ca2c2f4efd6eb0140/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2030445>.
10. Porfírio, F. (2020). "Cyberbullying"; Brasil Escola. Retrieved from: <https://brasilecola.uol.com.br/sociologia/cyberbullying.htm>.
11. Rodrigues, A. (2020). Ensino remoto na Educação Superior: desafios e conquistas em tempos de pandemia. SBC Horizontes, jun. 2020. ISSN 2175-9235. Retrieved from <http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/06/ensino-remoto-na-educacao-superior/>.





Contributions of Assistive Technologies to Inclusive Education in Specialized Educational Assistance: A Systematic Literature Review

Patricia Kellen Pereira^{1,2}, André Ferreira Bento^{1,2}, Andréa Sabedra Bordin¹,
and Alison R. Panisson¹

¹Federal University of Santa Catarina (UFSC) Brazil

²Federal Institute Catarinense (IFC) Brazil

andre.bento@ifc.edu.br, patricia.pereira@ifc.edu.br, andrea.bordin@ufsc.br, alison.panisson@ufsc.br

Abstract. This study explores Assistive Technologies (ATs) use in Specialized Educational Services (SES), focusing on accessibility and inclusion. A systematic review of the SciELO and Web of Science databases (2015–2024) was conducted. From 40 articles identified, 10 were taken into account to be included. Most of the studies are descriptive and exploratory that address technological devices, inclusive methodologies, and teacher training. It is inferred that there is growing curiosity about the topic, but still not much research on the actual impact of ATs in the school setting.

Keywords: Assistive Technologies, Specialized Educational Services, Literature Review.

1 Introduction

Information and Communication Technologies (ICTs) in education can enhance teaching and learning processes [1], especially considering diverse learning styles and paces [2] and the need to select Assistive Technologies (ATs) suited to each student. In Brazil, the right to inclusive education for students with disabilities is guaranteed by the Federal Constitution (Art. 28, III) [3] and reinforced by the National Policy on Special Education (PNEE) [4] and Law No. 13,146/2015, the Brazilian Law for the Inclusion of Persons with Disabilities (LBI) [5]. Schools must offer adaptations and resources that ensure access, retention, participation, and learning.

Assistive Technology, defined in [6], promotes greater independence and supports flexible, innovative teaching. The Specialized Educational Assistance (SEA) sector is essential in providing resources and services to teachers and students, such as accessible materials, communication systems, and adapted activities [7]. It must also be included in the Pedagogical Project of academic programs. The authors in [2] categorized ATs that reduce barriers, including architectural accessibility, tools for the deaf and hard of hearing, Augmentative and Alternative Communication (AAC) systems, and computer resources. When integrated with teaching practices, these technologies foster full participation, ensuring access to a fundamental right.

Inclusive education for students with special needs remains a central challenge for schools in the 21st century. Advances in ATs create new opportunities to guarantee accessibility and participation, making it essential to analyze their application within SEA.

This study examines the scientific literature on AT use in SEA, focusing on school inclusion, with the objectives of evaluating the effects of AT use on inclusion and accessibility and mapping the adequacy of available technologies for students with specific needs. Research questions: **(RQ1)** What are the main impacts of AT use on the inclusion and accessibility of students supported by SEA? **(RQ2)** Which types of ATs are most frequently used, and how well do they meet students' needs?



The article is organized as follows: Section 2 presents the theoretical framework; Section 3 details the methods and databases; Section 4 discusses results; Section 5 outlines conclusions; and Section 6 lists the references.

2 Theoretical Background

According to the LBI [4], AT includes “products, equipment, devices, resources, methodologies, strategies, practices, and services designed to promote functionality related to the activity and participation of persons with disabilities or reduced mobility, aiming to enhance their autonomy, independence, quality of life, and social inclusion”. These tools support individuals with disabilities or specific needs by improving participation, autonomy, and well-being in different life areas. As noted in [2], ATs encompass resources that enhance capabilities, remove barriers, and create accessible environments.

In education, AT is crucial for students with conditions such as cerebral palsy or Autism Spectrum Disorder (ASD), enabling greater independence and socialization. Benefits identified in [2] include: (i) fostering communication and participation, particularly for students with severe difficulties, through technologies such as eye-tracking systems; (ii) expanding access to the curriculum, instruction, and assessment materials; (iii) facilitating the learning for students and teachers; (iv) Improving reading skills for students with mild intellectual disabilities through computer-based adaptations.

The 1988 Brazilian Federal Constitution (Art. 208, III) mandates SEA for students with disabilities, preferably in regular education. The National Education Guidelines and Framework Law (LDB, Art. 4) reinforces this right, ensuring SEA across all educational levels [8]. SEA acts as pedagogical mediation to meet the needs of students with disabilities, ASD, or high abilities, and is delivered mainly through Multifunctional Resource Rooms (MRRs), established by Ordinance No. 13/2007 [7].

An inclusive school, according to [9], guarantees opportunities aligned with individual needs by removing barriers and promoting autonomy. This process requires collaboration between institutions and students with disabilities. As [10] emphasizes, inclusive education is a right supported by national and international frameworks and demands structural and attitudinal changes to promote equity and value diversity. School inclusion, therefore, is not an end but a continuous effort to confront exclusion, achievable only through the collective engagement of the school community in building an inclusive culture.

3 Methodology

This study adopted the scientific method of Systematic Literature Review (SLR), recognized for its ability to identify, evaluate, and rigorously synthesize the available evidence on a specific research question. Moreover, this methodological approach promotes the reproducibility of the study by other researchers, thereby ensuring greater reliability of the results [11]. The keywords used in the search were defined as follows: "assistive technology," "supportive technology," "assistive devices," "adaptive technology," "special education services," "inclusive education support."



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

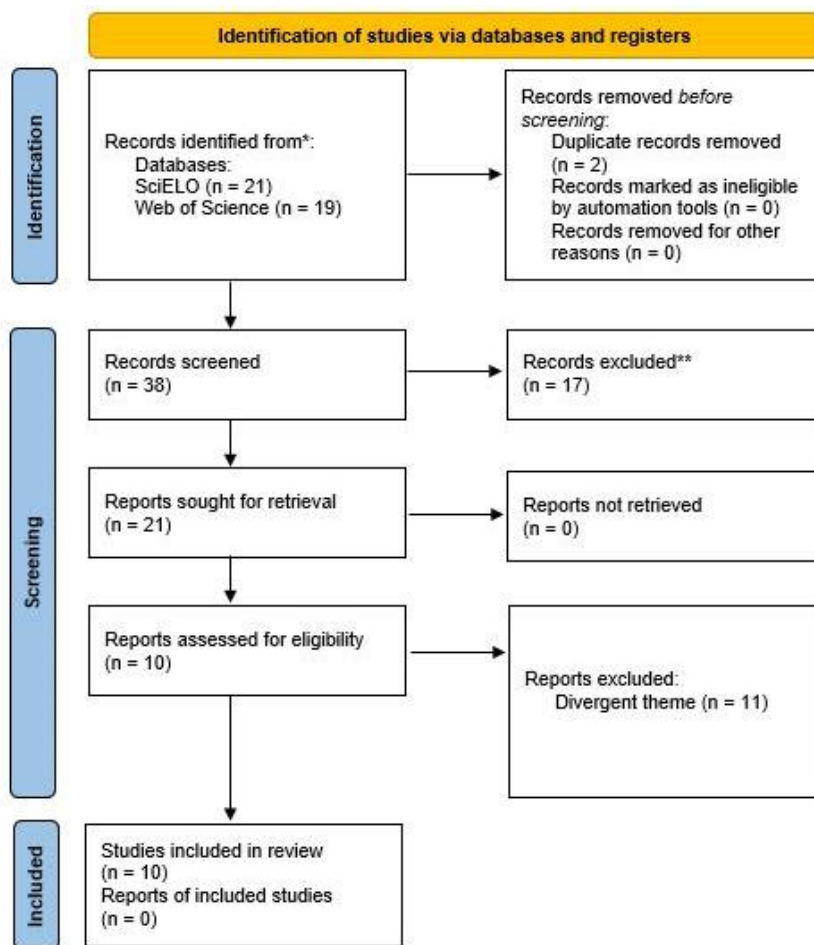


Fig 1. Prisma diagram.

Accordingly, the search string was formulated based on these terms and Boolean operators as follows: ("tecnologia* assistiva*" OR "tecnologia* de apoio" OR "recurso* assistivo*" OR "assistive* technolog*" OR "assistive* device*" OR "adaptive* technolog*") AND ("atendimento educacional especializado" OR "educação especial" OR "apoio educacional especializado" OR "special education" OR "special education service*" OR "specialized educational support")

Table 1. Inclusion and exclusion criteria.

Inclusion Criteria	Exclusion Criteria
Articles in Portuguese or English	No access to the full text
Published between 2015 and 2024	Topic not aligned with research objectives

Initially, 40 records were exported, 21 from SciELO and 19 from Web of Science. After removing duplicates, 38 remained. Screening of titles, abstracts, and, when necessary, full texts resulted in 21 selected articles, with 10 deemed relevant for analysis. Study selection was conducted in SciELO and Web of Science using the PRISMA protocol [12], combined with the Rayyan tool, which supported cross-analysis among authors and ensured methodological rigor. The selection process is shown in Fig. 1.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Extracted data included authors, year, objectives, methodology, main results, conclusions, and limitations, with relevance to the research question. The table below summarizes the classification and key information of the analyzed articles.

Table 2. Classification of the analyzed articles.

Cod.	Title	Year	Authors
A1	An Assistive Computer Technology Implementation Program for Students with Cerebral Palsy	2023	Lourenço, Gerusa Ferreira, Mendes, Enicéia
A2	Teachers of Special Education and Assistive Technology: Teachers' Perceptions of Knowledge, Competencies and Professional Development	2022	Abdulaziz S. Alsolami
A3	Cognitive Accessibility and Support in Special Education	2021	Miguel A. Guillomía; José Ignacio Artigas; Jorge L. Falcó
A4	Do Computer-Based Accommodations Matter? An Evaluation of Bundled Accommodations for Secondary Students With Mild Intellectual Disabilities	2024	Pei-Ying Lin
A5	Subject dependent speech verification approach for assistive special education	2024	Umut Zeki, Tolgay Karanfiller, Kamil Yurtkan,
A6	Once inclusive always inclusive: experiences of Cypriot teachers and parents of children with disabilities on the use of technology and collaboration before and during the Covid-19 pandemic	2024	Katerina Mavrou, Simoni Symeonidou, Maria Tsakiri
A7	Rapid Transitions: Experiences with Accessibility and Special Education during the COVID-19 Crisis	2021	Emily Long, Sruti Vijaykumar, Serena Gyi, Foad Hamidi,
A8	Participatory design and needs assessment for a pressure-sensitive pen and mobile application (SensoGrip) for children with handwriting problems	2024	Lena Rettinger, Carissa Klupper, Carina Hauser, Erna Schönthaler, Andrea Kerschbaumer, Katharina Werner, Franz Werner
A9	Autism Assistant: A Platform for Autism Home-Based Therapeutic Intervention	2023	Mihaela Chistol, Cristina Elena Turcu, Mirela Danubianu
A10	Feasibility of an eye-gaze technology intervention for students with severe motor and communication difficulties in Taiwan	2024	Yu-Hsin Hsieh, Mats Granlund, Ai-Wen Hwang, Helena Hemmingsson



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

4 Results

The studies examine the role of Assistive Technology (AT) in educating students with disabilities or specific needs, including educational, therapeutic, and professional training contexts. They also stress the importance of training teachers and professionals for effective AT use, describing different technologies and accommodations while emphasizing user-centered design and tool adaptation to individual needs (Table 3).

Table 3. Content extraction for RQ1 and RQ2.

Cod.	Type of Disability Addressed	Type of Technology Studied
A1, A4, A8, A10	Severe motor and communication impairments (includes cerebral palsy)	Computational Assistive Technology, assistive devices, high-tech devices.
A2, A6	Students with disabilities / specific needs (general)	Assistive technology software and devices (low, medium, and high technology)
A3	Mild intellectual disability (cognitive support)	Assistive technology platform, services (home control, time orientation, behavioral containment, context anticipation), interface based on the TICO application, commercial technology, low-cost single-board computers.
A2, A3, A9	Autism Spectrum Disorder (ASD)	Assistive Technology (AT) and Information and Communication Technology (ICT) in general, Augmentative and Alternative Communication (AAC) system.
A3	Visual impairment	Information and Communication Technology (ICT) in general, Augmentative and Alternative Communication (AAC) system.
A3, A4	Intellectual and cognitive disabilities (includes mild)	Computer-based accommodations, voice-to-text and text-to-voice translation software, mobile devices, large colored paper, Computer-Assisted Instruction (CAI), multimedia software.
A5, A10	Communication / speech difficulties	Subject-dependent speech verification approach, Convolutional Neural Networks (CNN), numeral teaching application. Eye-tracking technology, eye-tracking device (Tobii PCEye Mini), leisure programs (HelpKidzLearn), communication software (Communicator 5), eye-gaze communication, low-tech AAC, ICT, customized content.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Cod.	Type of Disability Addressed	Type of Technology Studied
A7	Deafness / deaf people	Assistive Technology (AT) and Information and Communication Technology (ICT) in general
A8	Fine motor difficulties / handwriting problems	Pressure-sensitive pen with integrated feedback system (SensoGrip), mobile application
A2, A3, A9	Autism Spectrum Disorder (ASD)	Autism Assistant platform, Assistive Technology (AT), software solutions, Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), Machine Learning (ML), low-tech technologies (sensory objects, color-coded schedules, PECS cards), mid-tech technologies (VOCAs), high-tech technologies, robots, "Mind Reading" app, interactive technologies, educational software.

The results obtained (A1–A10) directly address Research Questions RQ1 and RQ2, particularly regarding the types of disabilities or specific needs covered and the technologies studied. The articles examine the role of Assistive Technology (AT) for educational, therapeutic, and professional training purposes, highlighting the importance of user-centered design. Geographically, the articles analyzed reflect a global view, with sources from Saudi Arabia, Austria, Brazil, Canada, Cyprus, Spain, the United States, Romania, and Taiwan.

4.1 (RQ1) Impacts of Assistive Technologies on Inclusion in Specialized Educational Assistance

The results suggest that Assistive Technologies (ATs) hold strong potential to enhance learning in SEA, as indicated by [2]. Yet, empirical studies measuring their direct impact on learning and development remain scarce. For instance, A4 reported gains in literacy for students with mild intellectual disabilities, while A9 conducted a formal evaluation (QEF) but noted sample size limitations. The predominance of case-specific studies also hinders the generalization of successful practices.

Public policies such as PNEE [3] and LBI [4] reinforce the need for continued teacher training. Studies A1 (effective training program) and A2 (identified demand for professional development) emphasize training and the hiring of specialized professionals as critical factors. Even with technological resources available, insufficient pedagogical preparation limits their effectiveness.

User-centered design emerges as a promising strategy. A8 involved children, therapists, and teachers before development, while A9 used Human-Centered Design and proto-personas to increase performance and applicability. The authors in [2] and studies A1–A10 highlight ATs that remove educational barriers, such as eye-tracking (A10), cognitive accessibility platforms (A3), handwriting aids (A8), speech verification systems (A5), and computer-based literacy tools (A4).

In conclusion, ATs are essential for promoting inclusion and accessibility in SEA. They enhance efficiency, independence, communication, engagement, curriculum access, and academic performance, particularly literacy. While the Brazilian 1988 Federal Constitution guarantees the right to education [3], schools still face challenges in acquiring, adapting, and effectively applying ATs. Ensuring true inclusion requires investments in both technology and teacher training to deliver quality education for all students.



4.2 (RQ2) Types of Assistive Technologies and Their Educational Effectiveness

For students with severe motor and communication impairments, including cerebral palsy, studies analyzed computational AT, assistive devices, and high-tech tools. A1 evaluated a computational AT program for students with cerebral palsy, highlighting its potential to empower professionals, while A10 examined the feasibility of eye-tracking technology.

Broader studies addressed AT for students with different disabilities. A2 assessed special education teachers' knowledge of AT, revealing moderate competence and a need for further training. A6 and A7 reported experiences of teachers and parents using technology during the COVID-19 pandemic. For mild intellectual disability and cognitive support, the review identified platforms and services such as home control, time orientation, behavioral containment, apps, commercial technologies, and low-cost computers. A3 presented a cognitive support platform, and A4 compared computer-based accommodations.

For Autism Spectrum Disorder (ASD), technologies included ICT, Augmentative and Alternative Communication (AAC), the Autism Assistant platform (A9), VR/AR, ML, and educational software. Other studies examined:

- **Visual impairment:** ICT, AAC;
- **Intellectual/cognitive disabilities:** computer translators, mobile devices, digital media;
- **Speech/communication difficulties:** speech verification (A5), neural networks, eye-tracking (A10), communication software, low-tech AAC; (iv)
- **Deafness:** AT and ICT;
- **Fine motor/handwriting problems:** pressure-sensitive pen (A8), mobile apps.

In conclusion, the review highlights a wide variety of ATs, with eye-tracking, computer-based adaptations, and digital intervention platforms being the most frequent. These tools effectively address physical, communicational, and cognitive barriers, fostering inclusive and accessible learning environments.

5. Conclusion

This study presented a systematic literature review on the use of Assistive Technologies (ATs) in Specialized Educational Assistance (SEA), focusing on accessibility and inclusion. The main objective was to evaluate the impact of ATs on students with specific educational needs and the adequacy of available resources.

The review, based on SciELO and Web of Science (2015–2024), found few studies assessing the practical impact of ATs, with most literature being descriptive or exploratory, addressing devices, inclusive methodologies, and teacher training. While ATs show strong potential to promote independence and participation, two barriers persist: the lack of empirical evidence on measurable outcomes and insufficient ongoing teacher training.

ATs were shown to enhance efficiency, autonomy, communication, engagement, curriculum access, and academic performance, particularly in literacy. The most frequent technologies included eye-tracking, computer-based adaptations, and digital intervention platforms, which help overcome physical, communicational, and cognitive barriers. However, the scarcity of evaluative studies limits the development of evidence-based practices and policies.

Future work should prioritize teacher training, applied research, and closer integration between schools and specialized support centers. More rigorous and multidisciplinary approaches are needed to assess AT effectiveness. Although this study addressed both research questions, it also revealed critical gaps, mapping the lack of empirical evaluations of ATs' impact on learning outcomes, highlighting the need for stronger evidence to guide inclusive educational practices.



Acknowledgments

This work was partially supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), edital 18/2024 and the Federal Institute Catarinense (IFC).

6. References

1. Santos, C. A. dos. and Sales, A. (2017). As tecnologias digitais da informação e comunicação no trabalho docente. Curitiba: Appris, 133 p. ISBN 9788547304034.
2. Kleina, C. (2012). Tecnologia assistiva em educação especial e educação inclusiva. Curitiba: InterSaberes, 192 p. <https://www.bvirtual.com.br/NossoAcervo/Publicacao/6118>.
3. Brasil. Presidência da República. Lei nº 13.146/2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm.
4. Brasil, Constituição Federal: República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao_Compilado.htm.
5. Brasil. Ministério da Educação. (2008). Política nacional de educação especial na perspectiva da educação inclusiva. Brasília, DF: MEC. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducspecial.pdf>.
6. Peixoto, R. N. (2018). O uso de tecnologias assistivas no processo de inclusão escolar: os professores e a escola. Araranguá, 101 p. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/194232/PTIC0045-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
7. Figueira, E. (2013). O que é educação inclusiva. São Paulo: Brasiliense, 124 p. (Coleção Primeiros Passos, 343). <https://www.revistaacademicaonline.com/index.php/rao/article/view/307>.
8. Bastos, P. A. L. S., Silva, M. S., Ribeiro, N. M., Mota, R. S. and Galvão Filho, T. (2023). Tecnologia assistiva e políticas públicas no Brasil. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, 31, e3401. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO260434011>.
9. Torres, J. P. and Oliveira J. P. de. (2025). Perspectivas de Diálogo entre as Políticas Públicas e do Atendimento Educacional Especializado (AEE) e da escola em tempo integral. Educação em Revista. <https://doi.org/10.1590/0102-469853845>.
10. Menino-Mencia, G. F., Belancieriet, M. de F., Santos, M. P. dos and Capellini, V. L. M. F. (2019). Escola Inclusiva: uma iniciativa compartilhada entre pais, alunos e equipe escolar. Psicologia Escolar e Educacional, v. 23. <https://doi.org/10.1590/2175-35392019011819>.
11. Galvão, T. F. and Pereira, M. G. (2014). Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. Epidemiologia e Serviços de Saúde; 23(1); 183-184. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742014000100018>.
12. Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & PRISMA Group. (2021). PRISMA 2020: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>.
13. Alsolami, A. S. (2022). Teachers of Special Education and Assistive Technology: Teachers' Perceptions of Knowledge, Competencies and Professional Development. SAGE Open, 12(1). <https://doi.org/10.1177/21582440221079900>.
14. Chistol M., Turcu C. and Danubianu M. (2023). Autism Assistant: A Platform for Autism Home-Based Therapeutic Intervention, in IEEE Acesso, vol. 11, pp. 94188-94204. <https://ieeexplore-ieee.org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/10234705>.
15. Hsieh, Y. H., Granlund, M., Hwang, A. W. and Hemmingsson, H. (2023). Feasibility of an eye-gaze technology intervention for students with severe motor and communication difficulties in Taiwan. Augmentative and Alternative Communication, 40(3), 196–207. <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1080/07434618.2023.2288837>.
16. Guillomía, M. A., Artigas, J. I. and Falcó, J. L. (2021). Cognitive Accessibility and Support in Special Education. Sensors (Basel, Switzerland), 21(14), 4871. <https://doi.org/10.3390/s21144871>.
17. Lin, P. Y. (2024). Do Computer-Based Accommodations Matter? An Evaluation of Bundled Accommodations for Secondary Students With Mild Intellectual Disabilities. Journal of Special Education Technology, 40(1), 79-90. <https://doi.org/10.1177/01626434241262236>.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

18. Long E., Vijaykumar S., Gyi S. and Hamidi F. (2021). Rapid Transitions: Experiences with Accessibility and Special Education during the COVID-19 Crisis. *Front. Comput. Sci.* 2:617006. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.617006>.
19. Lourenço, G. F. and Mendes, E. An Assistive Computer Technology Implementation Program for Students with Cerebral Palsy. *Sisyphus* (2023). *Journal of Education*, 10(3), 66-85. Epub 16 de novembro de 2022. <https://doi.org/10.25749/sis.27543>.
20. Mavrou, K., Symeonidou, S. and Tsakiri, M. (2024). Once inclusive always inclusive (?): experiences of Cypriot teachers and parents of children with disabilities on the use of technology and collaboration before and during the Covid-19 pandemic. *International Journal of Inclusive Education*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/13603116.2024.2326615>.
21. Rettinger, L., Klupper, C., Hauser, C., Schöthaler, E., Kerschbaumer, A., Werner, K. and Werner, F. (2024). Participatory design and needs assessment for a pressure-sensitive pen and mobile application (SensoGrip) for children with handwriting problems. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*, 19(3), 975–981. <https://doi.org/10.1080/17483107.2022.2138994>.
22. Zeki, U., Karanfiller, T. and Yurtkan, K. (2024). Subject dependent speech verification approach for assistive special education. *Educ Inf Technol* 29, 16157–16175 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12474-9>.





Fostering Student Engagement through Integrative Encounters in Distance Undergraduate Education

Fabio Silva Lopes^[0000-0001-8274-7682], Leandro Carlos Fernandes^[0000-0002-6537-4252]

¹ Princeton University, Princeton NJ 08544, USA

² Springer Heidelberg, Tiergartenstr. 17, 69121 Heidelberg, Germany
lncs@springer.com

Abstract. Distance education has grown significantly in Brazil over the past decade. This scenario highlighted the need for innovative strategies to foster student engagement and improve the quality of online learning experiences. This paper presents a case study of Integrative Encounters — a synchronous activity implemented with undergraduate distance learning programs. Initially designed as in-person events at learning centers, the activity evolved into a fully online and large-scale synchronous meeting. The format shifted from formal lectures to interactive talk-show-style conversations between course coordinators and invited professionals. This new approach not only broadened student participation but also increased emotional engagement and satisfaction. Institutional evaluations, including satisfaction surveys and Net Promoter Score (NPS) metrics, showed a consistent improvement in student perception over five years. The findings suggest that the combination of real-time interaction, relevant professional topics, and an informal communication style enhances student motivation and fosters a stronger sense of community in online education. This experience highlights the importance of humanized, participatory formats in the design of educational activities that aim to go beyond content delivery in digital learning environments.

Keywords: Ensino a Distância, Encontro Integrador, Engajamento.

1. Introdução

A Educação a Distância (EAD) tem-se consolidado como modalidade educacional de crescente relevância no cenário brasileiro, com um número expressivo de cursos em diversas áreas e níveis sendo ofertados. Essa expansão, acelerada pela pandemia de COVID-19 que impôs transição abrupta do ensino presencial para o remoto, sublinha a urgência no desenvolvimento de estratégias robustas que garantam a qualidade do ensino e o engajamento dos estudantes [7].

A aprendizagem síncrona online, ao mesclar a flexibilidade da EAD com a interação própria do presencial, prepara e capacita os alunos para um ambiente digital mais interconectado e diversificado [5]. Isso aponta uma evolução da EAD, que transcende a mera flexibilidade e consumo assíncrono, para integrar componentes com interações em tempo real que contribuem para o desenvolvimento de competências mais abrangentes e aprofundadas.

A relação entre aprendizagem e aspectos emocionais é direta. O engajamento do aluno é um construto multidimensional, que abrange aspectos comportamentais, como participação e persistência; cognitivas, como esforço mental e autorregulação; sociais, na interação com pares e instrutores; e emocionais, manifestas no interesse e no sentimento de pertencimento [4].

Especialmente relevante na EAD, a interação emerge como um fator fundamental, conferindo ao ambiente virtual uma dimensão social que contribui na construção de um sentimento de comunidade. Nesse contexto, o papel do educador é fundamental para estimular as conexões emocionais e sociais, promovendo uma aprendizagem mais significativa e efetiva [1].



A questão posta é: haveria, no âmbito de cursos EAD, ações que são promotoras de engajamento, ampliam o desenvolvimento pessoal, reforçam o sentimento de comunidade e aumentam a satisfação dos alunos?

Este artigo traz o relato de uma experiência positiva junto a alunos dos cursos de computação ofertados na modalidade EAD pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) no Brasil. Uma prática acadêmica complementar, denominada Encontros Integradores, é descrita a seguir, assim como, sua trajetória e evolução ao longo de oito semestres. Indicadores de satisfação específicos foram adicionados aos processos avaliativos internos, provendo métricas para o acompanhamento e monitoramento dessa experiência. Uma análise temporal dos índices de satisfação é apresentada ao final.

2. Relato da Experiência

O Ensino a distância no Brasil vem crescendo sobremaneira. No período de 2011 a 2021 o número de matrículas aumentou 474%, ultrapassando as matrículas presenciais pela primeira vez em 2019 [3].

A Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) iniciou a operação de cursos de graduação à distância (EAD) em 2015, sendo designados como "modalidade digital". Atualmente, são ofertados 15 cursos nesta categoria, relacionados as áreas de Licenciatura, Negócios e Tecnologia da Informação.

2.1. A atividade Encontro Integrador

Entre as estratégias de ensino-aprendizagem adotadas pela UPM, optou-se por efetuar mensalmente uma atividade integradora com os alunos da modalidade digital. Realizado no âmbito do curso, o chamado "Encontro Integrador" consiste em uma atividade síncrona com toda a comunidade discente em que, a convite da coordenação do curso, um palestrante desenvolve e discute algum tema relacionado à formação profissional que o curso oferece.

Originalmente, a atividade tinha duração de 1 hora e exigia que a participação dos alunos acontecesse de forma presencial no Polo em que o aluno se encontrava matriculado. Uma transmissão em broadcast via StreamYard / Youtube privado era feita diretamente do estúdio de gravação, na sede da Universidade, para cada um de seus Polos. Localmente, tanto tutores quanto alunos assistiam à transmissão, interagindo com o palestrante por meio de perguntas encaminhadas textualmente. Neste formato, o papel do coordenador se limitava a apresentar o palestrante, fazer a interlocução com a equipe de transmissão e gerenciar o encaminhamento de perguntas dos Polos, enviadas com o auxílio dos tutores através do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

Ao final, os alunos participantes respondiam a algumas perguntas relacionadas ao tema da palestra na forma de uma tarefa disponibilizada no AVA. A submissão do questionário servia tanto para o registro de participação quanto na composição das notas das disciplinas cursadas no semestre letivo. Tida com caráter aditivo no cômputo das notas, a participação nos Encontros Integradores poderia conferir até 0,4 pontos ao aluno (0,1 por participação) no semestre.

2.2. A dicotomia da presencialidade e a participação remota nos Encontros Integradores

O modelo ora descrito foi mantido operacional durante 3 anos, desde o início da operação EAD até o começo da pandemia do COVID-19. Em 2020 o modelo precisou ser adaptado em decorrência da implantação do isolamento social, que impedia o comparecimento dos alunos no Polo.

A universidade adotou o BigBlueButton (BBB) como plataforma de sala virtual para as aulas síncronas dos cursos EAD, que ocorrem quinzenalmente em componentes de 76 horas-aula no semestre (o equivalente a 4 h- a semanais no modelo presencial) e que podem comportar até 150 participantes



Para os Encontros Síncronos optou-se pelo uso do Microsoft Teams, permitindo até 1500 alunos por evento. Assim, a universidade reconfigurou o modelo dos Encontros Integradores para uma versão totalmente digital, possibilitando alcançar os alunos em qualquer lugar (residência, trabalho, transporte etc).

Observou-se de imediato um aumento da adesão com a implantação do modelo totalmente online, uma vez que os alunos não precisavam se deslocar até o Polo para participar do Encontro Integrador. Outro aspecto positivo é que, no modelo anterior, os alunos se reuniam apenas com colegas do mesmo Polo, sem contato com alunos de outros locais. Nesta configuração, todos os alunos foram colocados na mesma sala virtual, tornando o ambiente mais dinâmico e com notável aumento das interações, tanto com os apresentadores quanto horizontais (entre alunos participantes).

Com o término do isolamento e o final da pandemia, a retomada do primeiro modelo seria possível. Frente a percepção de que a prática 100% online engajava mais os alunos, optou-se por manter o formato, que prossegue de modo remoto até o momento.

No caso dos cursos de Tecnologia da Informação, temos 1500 alunos matriculados e uma audiência na ordem de 300 alunos participando regularmente dos encontros.

2.3. Um formato mais participativo dos encontros

Outro aspecto importante a considerar é quanto a mudança no formato do evento. Anteriormente, a coordenação de curso convidava um palestrante que fazia uma apresentação de até 40 minutos. Em seguida, um canal de perguntas era aberto e os alunos encaminhavam indagações ao palestrante.

A análise dos indicadores mostrava que os encontros vinham perdendo vitalidade e apresentavam queda no engajamento. Isto porque tratava-se de uma palestra e, embora pudesse ser boa, havia pouca interação dos participantes. Observou-se possível correlação entre interação e satisfação, pois sempre que as interações aumentavam, feedbacks com agradecimentos também subiam.

Foi decidido pela atualização do modelo do Encontro Integrador para um formato de “talk show”, com o coordenador atuando como host em uma conversa com os convidados. O formato de conversa é menos formal e mais descontraído, embora a dinâmica ainda permita aprofundamentos e/ou considerações. Esses elementos fazem com que os alunos se sintam mais próximos do interlocutor e naturalmente mais à vontade para participar.

Atualmente dois coordenadores trabalham como hosts entrevistando um convidado. Em um bate-papo aberto, sem roteiro rígido e com duração de 1 hora, o tema programado para a apresentação é explorado durante a conversa através de perguntas direcionantes, que mesclam a experiência do palestrante e os conceitos que se desejam apresentar

Este formato mostrou-se indiscutivelmente mais engajador e satisfatório, hipótese que é sustentada pelo aumento nominal do público participante e o incremento dos indicadores de satisfação dos alunos nos processos avaliativos executados pela universidade.

2.4. Indicadores de satisfação com os Encontros Integradores

Além da análise direta do quantitativo de participantes, foi observado um aumento na percepção positiva dos alunos que passaram a expressar seus agradecimentos tanto durante o encontro quanto posteriormente por e-mail.

Cabe destacar que durante o período considerado nesta avaliação (2021 a 2025), a universidade vivenciou: a pandemia (2021-2022); uma mudança de AVA (Jan/2024), migrando do Moodle para o Canvas; e a troca de



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025

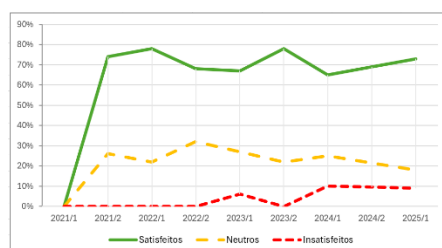


Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

seu ERP acadêmico (iniciada em 2024). Estes fatores contribuíram sobremaneira para o aumento de reclamações e avaliações negativas, estando fortemente associadas as dificuldades próprias à implantação de sistemas.

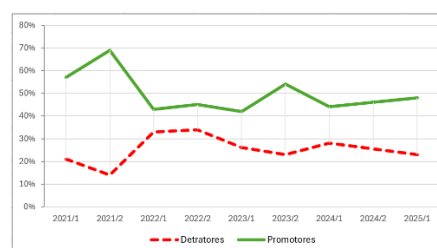
Em busca de elementos avaliativos mais assertivos e que corroborassem a percepção das coordenações, recorreu-se às avaliações internas da Comissão Própria de Avaliação (CPA) como fonte de dados para o período. Dois indicadores foram selecionados para avaliação: o índice de satisfação dos alunos e o Net Promoter Score (NPS) [6] dos cursos. Os dados coletados para ambos são apresentados em **Fig. 14**.

O primeiro recorte se relaciona a uma pergunta direta sobre a satisfação dos alunos com os Encontros Integradores e cuja resposta é fechada para as opções Satisfeito, Neutro ou Insatisfeito. Na **Fig. 14a** é apresentada a evolução deste indicador semestral no período de Janeiro/2021 a Junho/2025.



(a) Acompanhamento de Satisfação do Aluno com os Encontros Integradores dos cursos de EaD na área de TI.

(*) O período 2021/1 não foi coletado pela instituição porque a pergunta específica foi incluída posteriormente na pesquisa de satisfação.



(b) Acompanhamento do Net Promoter Score (NPS) em relação aos cursos EaD na área de TI

(*) O período 2024/2 não foi coletado pela instituição. O valor apresentado é uma estimativa com base na média dos valores anterior e posterior.

Fig. 14. Resultado das avaliações internas no período de Junho/2021 a Junho/2025 realizadas pela Comissão Própria de Avaliação (CPA) para os indicadores de Satisfação do Aluno e NPS do Curso. Fonte: Adaptado de [2].

É possível observar que a satisfação é alta dentre os respondentes. Entre os neutros, que representavam 30% da amostra em 2022/2, observa-se uma migração sistemática pós-pandemia desse percentual para o grupo de satisfeitos. Inclusive, em pontos coincidentes aos eventos de troca do AVA e de mudança do formato dos encontros integradores.

As mesmas marcas podem ser notadas no segundo recorte do estudo, que é apresentado na **Fig. 14b**. Aqui foi considerado como indicador o Net Promoter Score (NPS), índice que busca medir a lealdade dos alunos para com a universidade.

Observa-se no gráfico que os promotores aumentaram em 2021/2 refletindo o impacto mínimo que o EaD sofreu em função da Pandemia. Diferente da modalidade presencial, não houve mudanças sistêmicas ou pedagógicas, exceto pela adaptação do Encontro integrador. Isto corrobora a hipótese de que foi positiva a alteração para o modelo não presencial.

A mudança do AVA realizada no início de 2024 foi vista institucionalmente como favorável. Em especial pelo calendário e sistema de mensagens, que se mostraram mais eficientes no Canvas do que no Moodle. A queda no NPS nos cursos da área de TI se deu em razão das questões legais ligadas a mudança na nomenclatura do curso superior tecnológico em Ciência de Dados.

A curva crescente a partir de 2024 reflete uma aceitação positiva da transição de formato no Encontro integrador e que fortalecem a afirmação de melhora na satisfação do aluno mencionada anteriormente. De forma



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

empírica, percebe-se que os alunos se sentem mais engajados, satisfeitos e que, além do conteúdo técnico apresentado mensalmente, a aproximação entre eles e os coordenadores de curso têm se mostrado profícua.

3. Conclusões

Melhorar o Ensino Digital e manter bons índices de satisfação nos cursos, por meio da curadoria adequada dos recursos educacionais e atividades complementares, permanecem como desafio diário para a gestão acadêmica.

Neste relato revisitamos uma experiência acumulada ao longo de 5 anos, dos quais vivenciamos a pandemia do COVID-19, mudanças em plataformas educacionais e mudanças em recursos educacionais.

Consideramos a experiência dos Encontros Integradores um relato interessante para compartilhar pois tem sido gratificante participar destes eventos e colher resultados positivos entre os participantes, incluindo os convidados.

De modo complementar, apresentar profissionais (alguns ex-alunos) com temas atuais e preocupações relacionadas à carreira tem mostrado relevância para os participantes. O formato talk-show, mais descontraído também colaborou para o engajamento dos alunos nesta atividade. Também observamos que ao trazer de modo mais direto as questões associadas ao curso ajudou a melhorar a satisfação dos alunos com relação ao curso e a universidade.

4. Referências

1. Carvalho, R.L.V., Araújo, G.S.A., Albuquerque, J.D.L., Arruda, E.N., Quevedo, A.P.F.: Planejamento, organização e estruturação de webconferência: elemento mediador do processo de ensino-aprendizagem na educação a distância. *Brazilian Journal of Development* 5(7), 7725–7734 (2019). <https://doi.org/10.34117/bjdv5n7-013>, <http://www.brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/2129/2145>
2. CPA-Mackenzie: Avaliações internas da Comissão Própria de Avaliação (CPA) (2025), <https://www.mackenzie.br/universidade/assessorias-da-reitoria/comissao-propria-de-avaliacao-cpa>
3. DEED, D.d.E.E.: Censo da Educação Superior. Tech. rep., MEC (2021), <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados/2021>
4. Kamande, M.W., Mungara, M.W.: Strategies for student engagement and motivation factors in online learning. In: Keengwe, J., Gikandi, J.W. (eds.) *CompetenceBased Curriculum and E-Learning in Higher Education*, pp. 273–302. IGI Global, Hershey, PA, USA (2023). <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6586-8.ch014>
5. Moyer, T.: 10 Unique Benefits of Synchronous Online Learning (Jul 2024), <https://banyangloballearning.com/2024/11/07/synchronous-online-learning/>
6. Reichheld, F.: The one number you need to grow. *Harvard business review* 81, 46–54, 124 (06 2004)
7. Salta, K., Paschalidou, K., Tsetseri, M., Koulougliotis, D.: Shift From a Traditional to a Distance Learning Environment during the COVID-19 Pandemic: University Students' Engagement and Interactions. *Science & Education* 31(1), 93–122 (Feb 2022). <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00234-x>, <https://link.springer.com/10.1007/s11191-021-00234-x>





GAIA-SGD: A Framework for using Generative AI in Accessible Serious Games Design

Ismar Frango Silveira, Valéria Farinazzo Martins
Computers and Informatics Faculty
Mackenzie Presbyterian University – São Paulo – SP
{ismar.silveira, valeria.martins}@mackenzie.br

Abstract. As GenAI (Generative Artificial Intelligence) tools become increasingly embedded in educational and creative processes, exploring their potential for inclusive and accessible design becomes essential. In this context, this paper presents GAIA-SGD (Generative AI for Accessible Serious Game Design), a conceptual framework that brings together the use of GenAI (Generative Artificial Intelligence) tools within the design lifecycle of accessible educational games. The model is based on a human-in-the-loop framework that uses prompt engineering, enabling the iterative evaluation of design refinements, and developing the game with accessibility at the center. It also describes the GAIA-SGD lifecycle, made up of four phases: Iterative Prompting, Prototype Generation, Requirements and Accessibility Check, and Prompt Refinement. It finishes with an example of practical application as part of a case study. The paper's main goal is to provide ideas around how GenAI could be responsibly and creatively applied to streamline a design development process of serious games having accessibility in mind. On the whole, it is expected that GAIA-SGD framework support developers to promote accessibility and enhance the overall design quality of serious games.

Keywords: Serious games, Accessibility, Generative Artificial Intelligence

1. Introduction

The challenge of designing serious games (educational, training, and/or social games) is striking the right balance among pedagogical soundness, fun gameplay, and an inclusive experience for users. Serious games are becoming more well-known for creating opportunities for users to be actively engaged, be creative, and be developing knowledge and skills, but the design process is still costly and very technical, especially when considering accessibility. The issue of developing inclusive digital games for players with varying physical, cognitive, or sensory abilities adds another layer of complexity for which some may fail to address or think about too late in the design process. If serious games are to be inclusive by design, the serious game design process must generally adhere to UDL (Universal Design for Learning) (Rose, 2000) (Ralabate, 2011).

The rapidly evolving developments of Generative Artificial Intelligence (GenAI) provides new perspectives for how serious games can be ideated, prototyped, and refined. Ultimately, while not removing the human connection in serious game production, incorporating GenAI into the serious game design workflow can help developers and designers automatically construct and design visual and narrative content, how to build scenarios with adaptive features, and the ability to personalize user feedback.

Some studies in literature have begun to discuss the use of Generative AI (GenAI) in the development of games and serious games. Humble (2024) describes a practical application of GenAI in the development of a serious game called "Computer Programming in Schools", inspired by the author's doctoral thesis. The project was conducted based on the principles of Design Science Research (DSR), focusing on a specific iteration of the development process. Throughout this process, the author documented his experiences using GenAI tools in a research diary, supplemented by screenshots and images from the game. Drawing from this experience, the article analyzes the main benefits and limitations of generative AI for serious game design, offering practical



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

examples and valuable recommendations for developers and researchers interested in effectively and ethically exploring these technologies.

In turn, the study by Humble and Katz (2025) investigates the factors that influence positive experiences in the use of GenAI during the design process of educational games. The research was conducted with 26 master's students enrolled in a course on the societal aspects of AI, and it focused primarily on the relationship between personal values and prior attitudes toward technology. The study adopted a quantitative approach, with emphasis on analyzing variables such as self-transcendent goals (values oriented toward collective well-being) and the desire for material benefits, in order to understand how these motivations, influence collaborative, cognitive, and affective outcomes in the GenAI experience. The results show that both altruistic goals and material motivations contribute to a positive experience with GenAI, although the former proved to be more significant. The authors note that initial attitudes toward technology had an impact only during the first week of the experience, being neutralized as students became actively engaged in the design practice. This suggests that personal values are more relevant than attitudinal beliefs for successful learning with emerging technologies.

Finally, the work of Korsah (2025) presents a scoping review of 61 publications aimed at investigating the potential of GenAI in digital game development. The study provides a comprehensive overview of current GenAI applications in the field, while also identifying emerging trends and underexplored areas. The analysis is structured around three stages of the game development lifecycle—pre-production, production, and post-production—revealing that GenAI has been particularly effective in accelerating creative and operational processes in the early phases of development, such as idea generation, scripting, character creation, environments, and visual assets. However, the results also indicate that the use of GenAI in the post-production phase remains limited due to challenges related to test automation, content refinement, and the need for human oversight. The thesis proposes directions for future research, particularly focused on improving narrative coherence and ensuring ethical implementation of generative tools. By offering a systematized view of the opportunities and challenges associated with GenAI in game design and production, the work contributes to a better understanding of how these technologies are reshaping the industry and how they can be more effectively leveraged to enhance player experience and development processes.

However, no studies were found in the literature specifically focused on discussing the development of accessible serious games using GenAI. In this sense, this paper introduces GAIA-SGD (Generative AI for Accessible Serious Game Design), a conceptual framework that outlines the way that GenAI might fit into the design lifecycle in the context of accessible educational game design. This framework relies on a human-in-the-loop approach that encompasses prompt engineering, iterative prototyping, and accessibility evaluation as core practices. Specifically, GAIA-SGD describes a four-phase lifecycle: Iterative Prompting (the use of GenAI and prompt engineering), Prototype Generation (using GenAI to produce a working prototype), Requirements and Accessibility Check (planning for accessibility and iteratively checking your games for accessibility issues), and Prompt Refinement (improvements and repeatability in GenAI processes to improve inclusionary and quality outcomes).

The main goal of this work is to propose a conceptual framework that systematizes the design process of accessible serious games by integrating Generative AI (GenAI) tools to enhance both creative and technical aspects. Additionally, it aims to highlight the potential of these tools in promoting equity, personalization, and usability within learning environments. We are hopeful that this framework will provide a systematic, responsible, and creative pathway for developers, educators, and researchers to reflectively employ GenAI into inclusive serious game design.

This paper is organized as follows: section 2 discusses the role of GenAI in the design process of accessible serious games and presents the dimensions of the GAIA-SGD framework. Section 3 presents the framework's lifecycle and section 4 brings two proofs of concept of the proposed framework. The paper finishes discussing the known limitations of the work (section 5), bringing some conclusions afterwards (section 6).





2. The Role of GenAI in Developing Accessible Serious Games

GenAI, among other aspects, can enhance creativity, speed up development, personalize learning experiences, and improve accessibility in serious games, ultimately helping designers to focus more on pedagogical quality and user experience than in development pitfalls. GenAI can greatly assist in the design of serious games, offering both creative and practical benefits.

To assist with understanding how Generative AI (GenAI) can be strategically leveraged in the development of accessible serious games, this section introduces the GAIA-SGD Framework. The GAIA-SGD Framework is a conceptual model for the use of GenAI tools throughout the accessible game design lifecycle through a human-in-the-loop approach. It has four iterative and interconnected phases: Iterative Prompting, Prototype Generation, Requirements and Accessibility Check, and Prompt Refinement, which are designed to help designers frame GenAI interactions in ways that support inclusion, creativity and usability from the outset of the design process. Whilst these phases will be delineated in section 3, this section will center on the description of five dimensions on using GenAI in serious game design: Content Generation, Accelerated Prototyping, Personalization and Adaptivity, Accessibility Enhancement, and Assessment and Analytics. As the core contribution of this work, GAIA-SGD provides a systematic guide for embedding accessibility into the serious game design process and framing the use of GenAI not just as a productivity tool, but as a partner in pursuit of equitable, learner-centered outcomes. The forthcoming sections provide detail on the framework structure and uses, while Fig. 1 brings a conceptual schema of the five dimensions of GAIA-SGD Framework and their associated aspects.

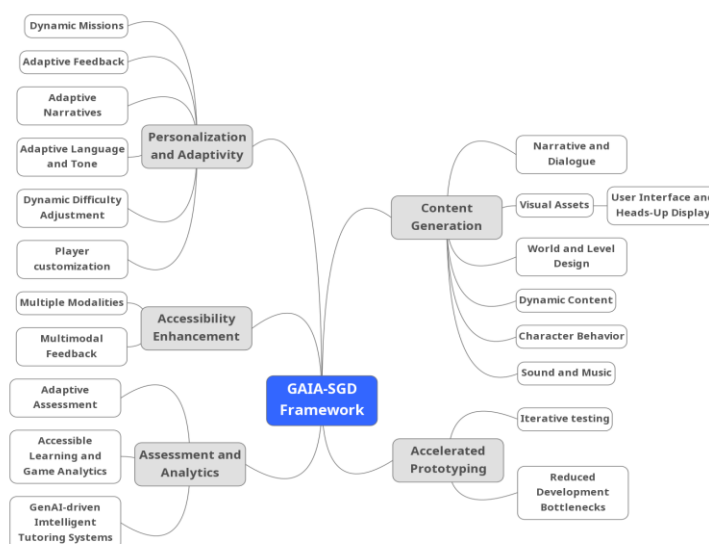


Fig. 1: The GAIA-SGD Framework

The dimensions are organized as follows:

- **Content Generation:** GenAI can help designers and developers by automating and accelerating creative undertakings, enhancing productivity, and facilitating more experimentation (Ratican and Hutson, 2024; Wu et al., 2025). Here are the key ways GenAI helps in this context:
 - a) **Narrative and Dialogue:** GenAI is able to produce rich storyline, dialogue, and branching narrative content, consistent with education requirements that save time for writers and instructional designers.
 - b) **Visual Assets:** GenAI based tools can produce concept art, backgrounds, and textures in ways that accelerate



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

the early visual prototyping processes. Given the correct prompts, it can also generate 2D and 3D characters, avatars and game items. An important part of this feature lies on UI (User Interface) and HUD (Heads-Up Display) elements that can be dynamically created, modified or removed by GenAI.

- c) **Level and World Design:** GenAI can generate procedural levels, mazes, terrains, or puzzle layouts (Larsson et al., 2022). It can also produce variations of environments adapted to difficulty or pacing, or different themes altogether.
- d) **Dynamic content:** Dynamic content refers to in-game content, such as dialogues, quests, environments, and feedback that changes or adapts in real-time based on how the player interacts with the game. GenAI can produce real-time content that relates directly to player behaviors or learning goals (Liu et al., 2021; Ratican and Hutson, 2024). This is especially relevant for serious games, which usually include educational content that can be aligned to learn outcomes. GenAI can also simplify language for players with cognitive disabilities or players that are lower-literacy, generate alternative descriptions, captions or audio narration for blind or visually impaired players. It can also translate instruction or feedback for deaf players into sign language avatars or alternative formats or adjust speed of play, amount of visual information, or level complexity for players with attention deficits or autism.
- e) **Character Behavior:** GenAI can assist in generating biographies, characters and backstories for NPCs (non-player characters) (Uludağlı and Oğuz, 2023). Also it can create behavior trees or dialogue trees based on narrative context or player decisions.
- **Sound and Music:** AI can provide adaptive background music or sound effects to align with learning mood or phase (Hutchings and McCormack, 2019). Also, it can generate ambient soundscapes, music tracks, or sound effects aligned with game themes or emotional beats. Besides, GenAI can provide adaptive soundtracks that evolve in real time based on gameplay or player emotion.
- **Personalization and Adaptivity:** GenAI can dynamically customize gameplay features to cater to players with different physical, cognitive, sensory, or neurodivergent profiles. Traditional accessibility features in games are static and based only on interface modification (Brown and Anderson, 2021; Hassan, 2024). GenAI goes a step further to bring support beyond the interface, to support adaptive, intelligent personalized learning and interaction experience. Here are the key manners that GenAI provide personalization and adaptivity for serious games:
 - a) **Dynamic Missions:** Whereas in conventional game design, a game is established with fixed missions and puzzles, GenAI introduces a responsive design loop where the AI continues to assess the game context: the player, their performance and decisions, and the learning objectives. This information runs through the AI, which generates or adapts content (missions, challenges, quests, quizzes or puzzles) on-the-fly for the player's needs. They adapt in real-time to a player's skill level, learning progress, learning needs, or accessibility requirements (Dormans and Bakkes, 2011; Malysheva, 2012).
 - b) **Adaptive Feedback:** In adaptive feedback, the system tactfully and strategically reacts to player actions by clarifying why an answer is wrong or right, providing clues or hints instead of just solutions, and adjusting the tone, depth, and timing of the feedback based on player needs. GenAI can create personalized feedback that explains errors, reinforces key concepts, and supports different learning realities. Different from static, pre-scripted responses, GenAI can generate adequate responses considering each player's actions, cognitive level and even emotional state (Kickmeier-Rust et al., 2008). This includes giving contextualized explanation, on-the-fly personalized hints and emotionally-adapted messaging, besides being an important way to generate multimodal feedback, which is a key aspect for accessibility.
 - c) **Adaptive Narratives:** Adaptive narratives in accessible serious games are storylines that evolve and change depending on the players' abilities, preferences, behaviors, and accessibility needs. With GenAI, adaptive narratives can be built, adapted, and modified in real time, making serious games more inclusive, engaging and effective for a wider variety of learners. Rather than a fixed plot, players engage with a narrative that





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

adaptively provides many different story paths for them to explore, with dialogues, challenges, and outcomes uniquely crafted for their purpose. This can be achieved in many different ways: through dynamic story generation, branching dialoguing, role-playing and story-based scaffolding (Tawfik, 2018).

- d) **Adaptive Language and Tone:** Effective communication is a high priority when using serious games in educational, health, or training contexts, as the players have various needs; some may need literal translations or simplified language, others may benefit from empathy or motivational cues, and neurodiverse users often require clear, literal directions or indications (Lukin et al., 2014). If players are not provided with the right adaptations, many will encounter confusion, frustration, or exclusion. Besides, tone is important for accessibility: a harsh or robotic tone may discourage a struggling learner, but a soft, friendly tone can support and motivate learners, or actively retain them. GenAI can look at a player's profile or performance and modify the sophistication of instructions, dialogue, or feedback. GenAI could modify emotional tone according to player/learner frustration or fatigue, age or maturity, game context (serious vs playful) and the range of neurodiversities. GenAI is also capable of dynamically translating or culturally adapting language.
- e) **Dynamic Difficulty Adjustment (DDA):** In educational/training settings, players have different levels of prior knowledge and skills. Fixed difficulty levels can create frustration for beginners or boredom for advanced learners. Cognitive load, learning rhythm, frustration and engagement can be monitored, dynamically adjusting speed, pacing and amount of content delivered (Zohaib, 2018). Maintaining the flow state (Nakamura and Csikszentmihalyi, 2002), when the player/learner is neither bored nor frustrated is a key point for learning, retention, and motivation in serious games.
- f) **Player customization:** It allows players to adapt the game to an individual player's cognitive, sensory, motor, or emotional profile. Augmented by GenAI, customization can include the personalization of content, interfaces, and interaction styles. This enables players to gain independence which can contribute to inclusion, following UDL principles, and promoting equity-based personalization of the game with GenAI as an enabler.

● Accelerated Prototyping

- a) **Iterative testing:** GenAI can help developers rapidly test new ideas, level designs, or story elements by automating parts of the creative process—allowing more iteration and innovation with fewer resources (Fullerton, 2024).
- b) **Reduced Development Bottlenecks:** GenAI can be used to automate repetitive or time-consuming tasks (e.g., writing hundreds of possible dialogue variations or different kinds of puzzles). It also allows educators and game designers to focus more on educational quality and learner engagement than making assets by hand (Viudes-Carbonell and Gallego-Durán, 2021).

● Accessibility Enhancement

- a) **Multiple Modalities:** GenAI can generate alternative text, simplified language versions, or audio descriptions, helping make games more inclusive (Makai, 2021). Also, GenAI can identify and accommodate a range of input formats such as voice command, eye tracking, single-switch or alternative controller interfaces, gesture or touch input, among others. GenAI can analyze player behaviors and motivations to recommend or adapt control methods on-the-fly.
- b) **Multimodal Feedback:** It refers to providing feedback, instruction, and reinforcement to players through multiple sensory modalities (e.g., visual, auditory, textual, and haptics) (Zhao and Cen, 2024). GenAI will be able to generate the best combination of feedback modalities depending on: player's accessibility profile (e.g. blind, autistic, deaf); gameplay context (instruction, reinforcement, correction); or player's emotional state or preferences.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

● Assessment and Analytics

- a) **Adaptive Assessment:** AI can adapt the level of difficulty or way a task is presented depending on the player's skill progression, preferred learning modality and physical or cognitive needs. These systems support not only more inclusive and equitable assessment, but also ongoing, formative assessment, providing feedback to students in the moment and facilitating a more personalized learning path that adjusts to the student's progress (Shute and Ventura, 2013). This is an important consideration for serious games, particularly where gameplay interacts with learning, and should inform any assessment process that is embedded within the serious game experience. When AI systems consider, monitor and react to each player's individual learning paths, and have the capacity to provide a tailored learning experience, it leads to a more supportive, accessible, and engaging learning environment for all students, especially marginalized or underserved learners.
- b) **Accessible Learning and Game Analytics:** GenAI can analyze gameplay data and help designers understand how players are engaging with learning content. The data can be displayed in accessible dashboards, and it can be customized for different audiences (educators, therapists, caregivers, for instance), in a multilingual or simplified manner. In addition, GenAI has the ability to summarize complex datasets as examples (and flag issues such as low engagement of learners who are neurodiverse, or many help requests by users who may have low literacy), enabling timely and focused intervention. By making analytics accessible and actionable, GenAI supports inclusive decision-making to implement iterative changes to game design and to learning outcomes (Khalil et al., 2024).
- c) **GenAI-driven ITS (Intelligent Tutoring Systems):** GenAI can move assessment possibilities in serious games forward by powering intelligent tutoring systems that can both assess player performance and interpret learning behaviors in real time (Almetnawy et al., 2025). Specifically, these AI driven systems continuously track and consider user interactions, decision making, the nature of mistakes, and how long a player spends on a given task in order to assess their current skill level, cognitive misconceptions, and learning preferences. From this broad assessment knowledge, GenAI will generate personalized paths for learning— which is to say the instructional content, feedback and hints will be guided by the user's specific progression through a serious game. Assessment will be treated as an active, formative process of gameplay as a result of analytics and intelligent mechanisms, thus bringing accessibility and learning in a relevant and personalized manner.

3. The GAIA-SGD Lifecycle: Leveraging Accessibility in Serious Games with GenAI

To guide the integration of GenAI into inclusive game design, a structured and iterative approach is essential. Fig. 2 presents a lifecycle for GAUA-SGD Framework. This is a lifecycle that shows an organized and iterative process of bridging GenAI and inclusive game development. It demonstrates the important factors of prompt engineering, iterative evaluation, and a user-centered design in order to design accessible gaming experiences. In this lifecycle form there is a continuously evolving feedback loop where the insights from evaluating the requirements check helps to refine the prompts even further and reset the design cycle. This will continue until creators are satisfied with the accessibility and usability levels. Fig. 2 represents a lifecycle model for using GenAI in the development of accessible digital games, organized into four key quadrants around a central axis.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

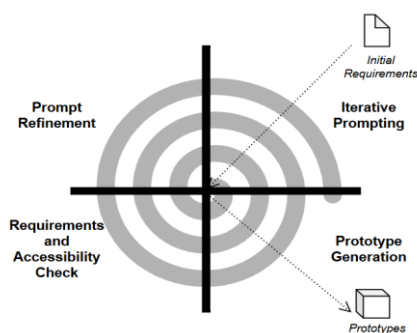


Fig. 2. The GAIA-SGD Lifecycle

1. Iterative Prompting (Top Right): In this phase, prompts are iteratively elaborated and adjusted to instruct the GenAI system. The process begins with the definition of initial requirements, which typically include game objectives, target user characteristics (e.g., age, disabilities), and accessibility guidelines. These are depicted as a document icon labeled “Initial Requirements”, indicating the input that drives the first phase. It is important to emphasize the dynamic, experimental nature of this step.

2. Prototype Generation (Bottom Right): Once initial or refined prompts are ready, GenAI produces game prototypes (that could be shaped as code, assets, narratives, or content, for instance), incorporating the features specified. This quadrant focuses on the generation of functional outputs such as interface layouts, scripts, or game assets, shown by the “Prototypes” icon. These prototypes reflect the initial design intent and are iteratively evaluated and adjusted.

3. Requirements and Accessibility Check (Bottom Left): The third quadrant represents the evaluation phase, where the generated prototypes are assessed against the initial design requirements and specific accessibility standards (e.g., WCAG (Web Content Accessibility Guidelines), inclusive game design practices). This checking can be performed through different strategies, from black-box tests to usability and functionality walkthroughs. This step ensures that the generated game elements are not only functional but also inclusive and usable by players with varying abilities.

4. Prompt Refinement (Top Left): In this phase, the developer or instructional designer engages in a systematic process of tuning and improving prompts submitted to the AI system. Also, when applying co-design strategies, the target audience can also be involved in this phase. The goal is to transform vague or generic instructions into clear, structured, and inclusive queries that guide GenAI toward producing meaningful and usable outputs (such as code snippets, interface elements, or narrative content, for instance). Prompt refinement is not a one-time activity but rather an iterative dialogue with the AI model. Initial prompts may yield incomplete or non-accessible outputs, requiring further adjustment. This phase is especially important in the context of accessibility, where even small variations in language can dramatically alter the AI's understanding of user needs. Developers must embed accessibility considerations into the prompt itself (such as including references to WCAG principles, user diversity, or assistive technologies) to ensure that the outputs align with inclusive design goals. Moreover, prompt refinement promotes metacognitive skills and critical reflection, particularly in educational settings. Students learn to analyze GenAI responses, identify gaps in usability or accessibility, and reformulate prompts accordingly. As such, this quadrant serves as a bridge between human intention and machine generation, reinforcing the human-in-the-loop model essential to ethical and effective AI-assisted design.



4. Conclusions and Further Work

This paper introduced GAIA-SGD, a conceptual framework that integrates GenAI tools into the design lifecycle of accessible serious games. Grounded in a human-in-the-loop approach, the model is structured into four key phases — Iterative Prompting, Prototype Generation, Requirements and Accessibility Check, and Prompt Refinement — providing a systematic and creative pathway to incorporate accessibility from the early stages of development.

Two case studies were conducted to explore the potential of the framework in supporting the progressive development of more inclusive educational games. Through structured prompt engineering, GenAI was used to create Python-based prototypes that increasingly incorporated accessibility features. Although these case studies are not presented here, they provide initial evidence that GenAI can assist in promoting inclusive and user-centered design in serious games.

As future work, the framework will be expanded to more complex development contexts, including the use of different game engines and platforms. It will also be essential to conduct empirical validation with real users — especially individuals with disabilities — to assess the practical impact of GenAI-generated accessibility features on usability, engagement, and learning outcomes. Additional future directions include the integration of automated accessibility evaluation tools, real-time analytics, and support for deeper personalization based on player profiles. The long-term goal is to evolve GAIA-SGD into a robust and ethical design support tool that fosters accessibility, creativity, and collaboration in the development of serious games powered by artificial intelligence.

5. References

1. Almetnawy, H., Orabi, A., Alneyadi, A. R., Ahmed, T., & Lakas, A. (2025, April). An Adaptive Intelligent Tutoring System Powered by Generative AI. In *2025 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1-10). IEEE.
2. Brown, M., & Anderson, S. L. (2021). Designing for disability: Evaluating the state of accessibility design in video games. *Games and Culture*, 16(6), 702-718.
3. Dormans, J., & Bakkes, S. (2011). Generating missions and spaces for adaptable play experiences. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 3(3), 216-228.
4. Fullerton, T. (2024). *Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games*. AK Peters/CrC Press.
5. Hassan, L. (2024). Accessibility of games and game-based applications: A systematic literature review and mapping of future directions. *new media & society*, 26(4), 2336-2384.
6. Huang, D., & Katz, J. E. (2025). GenAI Learning for Game Design: Both Prior Self-Transcendent Pursuit and Material Desire Contribute to a Positive Experience. *Big Data and Cognitive Computing*, 9(4), 78.
7. Humble, N. (2024). Play my Thesis: Opportunities and Limitations of Building Serious Games With AI. In *Proceedings of the International Conference on AI Research. Academic Conferences and publishing limited*.
8. Hutchings, P. E., & McCormack, J. (2019). Adaptive music composition for games. *IEEE Transactions on Games*, 12(3), 270-280.
9. Khalil, M., Slade, S., & Prinsloo, P. (2024). Learning analytics in support of inclusiveness and disabled students: a systematic review. *Journal of Computing in Higher Education*, 36(1), 202-219.
10. Kickmeier-Rust, M. D., Marte, B., Linek, S., Lalonde, T., & Albert, D. (2008). The effects of individualized feedback in digital educational games.
11. Korsah, U. (2025). *The impact of generative artificial intelligence in game development: A scoping review* (Unpublished doctoral dissertation). University of Oulu. Retrieved from <https://oulurepo.oulu.fi/handle/10024/56457>
12. Larsson, T., Font, J., & Alvarez, A. (2022, October). Towards AI as a creative colleague in game level design. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment* (Vol. 18, No. 1, pp. 137-145).
13. Liu, J., Snodgrass, S., Khalifa, A., Risi, S., Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2021). Deep learning for procedural content generation. *Neural Computing and Applications*, 33(1), 19-37.
14. Lukin, S., Ryan, J., & Walker, M. (2014). Automating direct speech variations in stories and games. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment* (Vol. 10, No. 4, pp. 18-23).



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

15. Malysheva, Y. (2012, September). Dynamic quest generation in Micro Missions. In *2012 IEEE International Games Innovation Conference* (pp. 1-3). IEEE.
16. Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2002). The concept of flow. *Handbook of positive psychology*, 89, 105.
17. Ralabate, P. K. (2011). Universal design for learning: Meeting the needs of all students. *The ASHA Leader*, 16(10), 14-17.
18. Ratican, J., & Hutson, J. (2024). Adaptive Worlds: Generative AI in Game Design and Future of Gaming, and Interactive Media. *ISRG Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 2(5).
19. Rose, D. (2000). Universal design for learning. *Journal of Special Education Technology*, 15(4), 47-51.
20. Shute, V. J., & Ventura, M. (2013). *Stealth assessment: Measuring and supporting learning in video games*. MIT Press
21. Tawfik, A. A., Schmidt, M. M., & Msilu, F. (2018). Stories as decision scaffolds: Understanding nonlinear storytelling using case-based reasoning and educational design research. *Educational Technology and Narrative: Story and Instructional Design*, 21-38.
22. Uludağlı, M. Ç., & Oğuz, K. (2023). Non-player character decision-making in computer games. *Artificial Intelligence Review*, 56(12), 14159-14191.
23. Viudes-Carbonell, S. J., Gallego-Durán, F. J., Llorens-Largo, F., & Molina-Carmona, R. (2021). Towards an iterative design for serious games. *Sustainability*, 13(6), 3290.
24. Wu, Z., Chen, Z., Zhu, D., Mousas, C., & Kao, D. (2025). A Systematic Review of Generative AI on Game Character Creation: Applications, Challenges, and Future Trends. *IEEE Transactions on Games*.
25. Zhao, Y., & Cen, Z. (2024). Exploring Multimodal Feedback Mechanisms for Improving User Interaction in Virtual Reality Environments. *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*, 2(6), 35-41.
26. Zohaib, M. (2018). Dynamic difficulty adjustment (DDA) in computer games: A review. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2018(1), 5681652.





LAB_Iê – Um ecossistema para promover a aprendizagem colaborativa mediada por tecnologias

LAB_Iê – An Ecosystem to promote collaborative learning mediated by technologies

Leticia Lopes Leite¹, Deise Mazzarella Goulart Ferreira², Leticia da Cruz Souza Flores³ and Náthalli de Oliveira Maciel⁴

^{1, 4} Universidade de Brasília, Departamento de Ciência da Computação, Brasília – Brasil

¹lleite@unb.br ⁴nathalliooliveira.maciell@gmail.com

^{2, 3} Universidade de Brasília, Centro de Educação a Distância e Tecnologias Educacionais, Brasília – Brasil

²deisegoulart@unb.br ³leticia.souza@unb.br

Resumo. As tecnologias e as metodologias ativas desempenham um papel fundamental na promoção da inovação educacional, uma vez que favorecem o engajamento e a participação efetiva dos estudantes. Esse processo de transformação está intrinsecamente associado à atuação do docente, que assume a função de mediador entre tecnologia, conhecimento e demandas formativas dos discentes. Considerando que a inovação educacional resulta da articulação entre diferentes fatores — como a prática docente e discente, o espaço físico, a flexibilidade, dinamicidade, a tecnologia e a usabilidade —, este trabalho apresenta o Laboratório de Inovação Educacional (LAB_Iê). Trata-se de um projeto de pesquisa aplicada que contempla a criação de um ambiente de aprendizagem flexível e reconfigurável, a organização de um repositório de metodologias ativas e a oferta de formações destinadas tanto à comunidade interna quanto externa à instituição. A proposta surgiu do entendimento de que os processos de ensino e aprendizagem podem ser potencializados por meio de um ecossistema estruturado na tríade: espaço físico inovador, metodologias ativas e atividades de formação. Dessa forma, o LAB_Iê materializa-se como a integração de um espaço disruptivo, modular e tecnológico, voltado à promoção de atividades de capacitação e formação continuada fundamentadas em metodologias ativas, sistematizadas em seu Repositório.

Palavras-chave: Laboratório de Inovação Educacional; Metodologias Ativas; Aprendizagem Mediada por Tecnologia.

Abstract. Technologies and active methodologies are central to fostering educational innovation, as they enhance student engagement and participation. This transformative process is closely linked to the teacher's role as a mediator between technology, knowledge, and students' learning needs. Recognizing that educational innovation emerges from the interplay of teaching practices, physical spaces, flexibility, technology, and usability, this study introduces the Educational Innovation Laboratory (LAB_Iê). LAB_Iê is an applied research initiative that offers a flexible, reconfigurable learning environment, a repository of active methodologies, and training programs for both internal and external stakeholders. The project is founded on the principle that teaching and learning processes can be strengthened through a structured ecosystem combining innovative physical spaces, active methodologies, and professional development activities. In this way, LAB_Iê embodies a modular, technology-driven space that supports continuous capacity-building and development grounded in systematized active methodologies.

Keywords: Educational Innovation Laboratory; Active Methodologies; Technology-Mediated Learning.

1. Introdução

O uso de tecnologias é uma realidade presente no dia a dia de grande parte da população brasileira. Essa disponibilidade tecnológica tem transformado cenários sociais e impactado os processos de ensino e de aprendizagem de forma significativa. A inserção de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) em ações cotidianas, percebida no contexto social, também se reflete no ambiente educativo, seja por meio do uso de recursos para realização de atividades de pesquisa, seja em aulas dinâmicas ou em momentos de lazer e interação pelas redes sociais.



A Base Nacional Comum Curricular, documento de natureza normativa que estabelece as aprendizagens fundamentais a todos os estudantes da Educação Básica, traz a preocupação com a compreensão, a utilização e a criação de tecnologias de modo crítico, significativo, reflexivo e ético [4]. A tecnologia quando usada de forma consciente, inovadora, disruptiva e criteriosa pode ser uma grande aliada nos processos de ensino e de aprendizagem, pois promove o engajamento dos estudantes, estimula a formação de redes de colaboração, viabiliza a personalização do processo e a disseminação do conhecimento.

A exploração do potencial das TDIC na educação tem relação direta com a atuação dos docentes, que, através de práticas pedagógicas inovadoras, podem promover o uso disruptivo de tecnologias. Entretanto, grande parte destes docentes não foi formado tendo o uso de tecnologias como parte de sua rotina, então vislumbramos que a oferta de atividades de formação continuada pode apoiar e orientar o uso qualificado das tecnologias. Segundo [8], conforme a sociedade se desenvolve, as exigências acerca da formação inicial e continuada dos docentes também são ampliadas, pois eles são mediadores no desenvolvimento do cidadão crítico, criativo e consciente. Atualmente, a formação dos professores é apontada como um fator que leva à adoção de tecnologia nos processos de ensino e aprendizagem, os tornando mais inovadores e ativos [12].

Considerando o cenário e perspectivas descritos e, compreendendo a necessidade de integrar ações de ensino-pesquisa-extensão para impulsionar a inovação educacional, a inserção de metodologias ativas em sala de aula, a utilização das TDICs no processo de ensino e a formação inicial e continuada de docentes da rede de ensino de um ente federado, foi projetado o Laboratório de Inovação Educacional (LAB_Iê). Ele consiste em um ecossistema para promover ações visando o uso qualificado e inovador de tecnologias em aula e está baseado em uma tríade: 1. Laboratório flexível; 2. Banco on-line de metodologias ativas; 3. Conjunto de formações docente e discente, que articulados, viabilizam e alicerçam a inovação de processos de ensino e de aprendizagem.

2. Trabalhos Relacionados

O LAB_Iê nasceu da percepção de que a inovação educacional decorre da união de esforços que envolvem o espaço físico, a flexibilidade, dinamicidade, a tecnologia e a usabilidade. Com essa perspectiva, buscaram-se referenciais que dessem suporte ao projeto de um laboratório com essas características, dos quais emergiram dois conceitos centrais: *Learning Spaces* [10] e *Smart Classrooms* [2]. Esses conceitos dizem respeito ao desenho de espaços físicos ou digitais que buscam superar uma problemática histórica da educação: a predominância de ambientes tradicionais que tratam os estudantes como sujeitos passivos nos processos de ensino e aprendizagem ([2]; [11]). Conforme aponta a revisão de literatura de [2], esses espaços são marcados pela tecnologia, pela colaboração, pelo conhecimento, mostrando-se fortemente vinculados ao ensino superior. São espaços que favorecem a integração, a interação e a dinâmica, seja ela presencial ou virtual, demonstrando forte impacto no engajamento dos estudantes ([2]; [9]; [11]; [12]).

O desenho dos espaços educacionais inovadores busca atender tendências apontadas por [5], tais como: a) a mudança no perfil dos estudantes – mais diversificado, com diferentes níveis de alfabetização tecnológica e com acesso às tecnologias; b) a qualidade esperada dos graduados por uma sociedade mais produtivista, socialmente engajada e tecnológica; c) o acesso ao conhecimento por meio de tecnologias, que permite tanto professores como estudantes acessá-los e abordá-los de diferentes maneiras; e d) o rompimento entre o físico e o virtual para atender as demandas de flexibilidade da sociedade. Assim, países de todo o mundo têm investido na construção destes espaços, porém os seus resultados ainda são fragmentados e a arquitetura não pode ser a única responsável por atender essas tendências ([5]; [11]). Neste sentido, é preciso avançar na construção de espaços físicos flexíveis e dinâmicos, que favoreçam a colaboração, que integrem a tecnologia, para viabilizar o rompimento entre o físico e o virtual, que proporcionem a construção de currículos educacionais ligados às tecnologias e às *Smart Classrooms* ([2]; [5]).

É neste contexto que se insere a presente pesquisa, cujo objetivo é apresentar o processo de projeção e construção de um espaço que integre tecnologia, ambiente físico e digital e formações. Trata-se de uma



iniciativa recente e, portanto, os resultados ainda são preliminares. Todavia, a expectativa é contribuir para a literatura apresentando um espaço para além da arquitetura física ou virtual, articulando-os de modo a potencializar metodologias educacionais inovadoras e transformações curriculares por meio das formações iniciais e continuadas.

O presente estudo busca contribuir na superação de lacunas apontadas na revisão de literatura de [2], que evidenciam a escassez de trabalhos que discutem os aspectos materiais necessários à constituição de ambientes dessa natureza, bem como os desafios e barreiras relacionados à sua implementação. A pesquisa aqui desenvolvida não apenas apresenta os elementos físicos e tecnológicos que compõem esse ambiente de aprendizagem, mas também descreve uma experiência prática de sua implementação, que foi fundamentada em metodologias educacionais inovadoras e nas concepções de colaboração que, conforme aponta [2], constituem pilares das *Smart Classrooms*.

3. Metodologia

Este é um estudo de caso ([14]; [15]) que explora a projeção, a criação e os resultados do Laboratório de Inovação Educacional de uma universidade pública federal.

Para a projeção do espaço físico projeto arquitetônico, acústico, luminotécnico e elétrico -, utilizou-se a pesquisa qualitativa com abordagem em benchmarking, na qual foram analisadas iniciativas exitosas de espaços diversificados de aprendizagem em outras instituições de ensino, como o Living 360° e o TecnoPUC, ambas da PUCRS; o Gepid Learning Space criado pelo Grupo de Pesquisa em Cultura Digital da Universidade de Passo Fundo (UPF); e o LABCRIE, desenvolvido em parceria entre o Ministério da Educação, a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul e a Rede Brasileira de Certificação, Pesquisa e Inovação (RBCIP).

Além disso, a pesquisa sobre espaços disruptivos de aprendizagem e suas metodologias foi realizada com o uso do Método de Revisão Sistemática de Literatura [6] e seguiu as orientações propostas por [7]. Diante dessas pesquisas, pode-se afirmar que o espaço físico de inovação educacional projetado e criado na instituição objeto de análise se aproxima de conceitos internacionais, como o *Smart Classroom* [12] e o *Learning Spaces* [9].

Quanto ao desenvolvimento do Banco on-line de Metodologias Ativas, este ocorreu a partir da análise de repositórios (EducaPes1, Proedu2) para identificar requisitos de interface para esses portais e, da revisão bibliográfica com base na análise de livros e artigos científicos disponíveis em publicações de impacto nacionais e internacionais. Posteriormente, realizou-se um levantamento quantitativo de ferramentas gratuitas on-line adequadas para cada metodologia e para o uso em espaços flexíveis e tecnológicos, como o proposto para o LAB_Iê.

No que tange às formações oferecidas no formato de oficina, foram aplicados questionários com o apoio da ferramenta Microsoft Forms e realizadas observações para a descrição dos resultados em cada uma das oficinas ofertadas.

4. Resultados e discussão

4.1 O espaço físico do LAB_Iê

O espaço físico é uma ferramenta importante para o desenvolvimento da aprendizagem [12]. Pesquisas indicam que ambientes que integrem tecnologia e flexibilidade, que proporcionem dinâmicas colaborativas e o desenvolvimento de metodologias, têm impactos positivos no engajamento e no processo de ensino-aprendizagem ([11], [13]; [12]). Com essa perspectiva, o estudo sobre o desenvolvimento de um Laboratório

¹ <https://educapes.capes.gov.br/>

² <https://proedu.rnp.br/page/about>



de Inovação Educacional na UnB teve início em 2022, a partir da percepção da necessidade de um ecossistema colaborativo para a produção e troca de conhecimento no âmbito do tripé ensino-pesquisa-extensão.

Buscou-se projetar um espaço inovador, posicionado estrategicamente no campus da Universidade de Brasília de forma a viabilizar o uso por toda a comunidade acadêmica. A construção do LAB_Iê foi designada para ocupar parte do prédio do Centro de Educação a Distância e Tecnologias Educacionais da UnB. Esta decisão considerou: a disponibilidade de local para a construção; a disponibilidade de equipe multidisciplinar para dar apoio ao uso dos equipamentos de tecnologia planejados; a posição geográfica no campus (próxima ao setor de tecnologia e demais espaços de inovação da instituição); e a disponibilidade de equipe pedagógica para apoio à elaboração e ao uso de práticas pedagógicas inovadoras.

Em 2023, foi elaborado o projeto arquitetônico do novo espaço que contou com: sala de recepção, duas salas de pesquisa e laboratório multiuso com área de 200 m². A sala de recepção é destinada à guarda de materiais dos usuários, ao empréstimo de notebooks e ao espaço de descompressão. As duas salas de pesquisa foram criadas para proporcionar um ambiente de discussão sobre o uso e a criação de metodologias inovadoras, bem como sobre a utilização de espaços físicos reconfiguráveis. O laboratório LAB_Iê corresponde ao espaço flexível com projeção 360° e adequação luminotécnica e acústica, onde ocorrem as atividades de formação. A sala de recepção é destinada à guarda de materiais dos usuários, ao empréstimo de notebooks e ao espaço de descompressão. As duas salas de pesquisa foram criadas para proporcionar um ambiente de discussão sobre o uso e a criação de metodologias inovadoras, bem como sobre a utilização de espaços físicos reconfiguráveis. O laboratório LAB_Iê corresponde ao espaço flexível com projeção 360° e adequação luminotécnica e acústica, onde ocorrem as atividades de formação.

A Figura 1(a) apresenta diversas possibilidades de organização do mobiliário no espaço. A Figura 1(b) apresenta uma foto do laboratório já construído e configurado em formato de ilhas e em U.

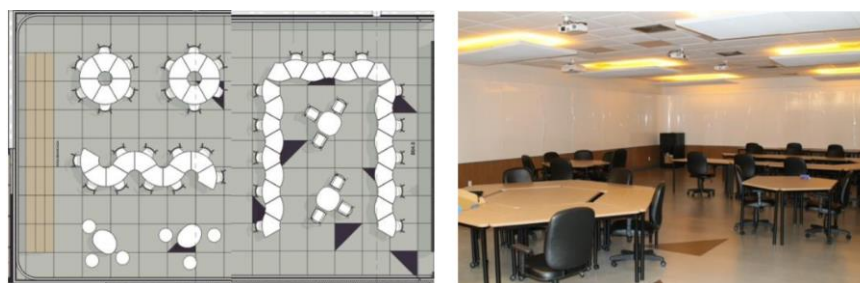


Fig. 1. (a) Planta baixa do Laboratório de Inovação Educacional (LAB_Iê); (b) Ambiente do laboratório com mobiliários flexíveis, projetores e lousa 360°.

Entendendo que o espaço, a metodologia e a formação docente constituem um tripé que tem potencial para impactar o ensino e a aprendizagem, passamos à segunda etapa do trabalho: o desenvolvimento de um banco de metodologias para dar apoio ao docente que busca inovar em suas aulas. Este Banco de Metodologias Ativas é apresentado na próxima seção.

4.2 O Banco de Metodologias Ativas

O desenvolvimento de um repositório constituiu tarefa complexa que envolveu o trabalho de uma equipe multidisciplinar composta por profissionais da área de Educação e da área de Computação, com especialistas em programação e no desenvolvimento de interfaces.

Os profissionais da área de Educação atuaram em quatro etapas: 1. Identificação das metodologias ativas mais disseminadas no Brasil e no Mundo; 2. Análise e seleção das metodologias mais adequadas para o LAB_Iê; 3. Pesquisa e análise de recursos tecnológicos gratuitos on-line; 4. Organização de dados a partir do Design



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

instrucional em plataforma digital acessível. Já os profissionais da área de Computação atuaram nas seguintes etapas: 1. Análise de repositórios amplamente utilizados na comunidade. 2. Definição das tecnologias a serem utilizadas. 3. Definição dos requisitos de interface do repositório a ser implementado.

O banco on-line de metodologias, disponibilizado de forma gratuita, foi estruturado a partir de estudos bibliográficos, da análise de ferramentas gratuitas que possuem como objetivo a aprendizagem ativa e permitem a colaboração e a interação entre pares. As bibliografias analisadas têm como autores [5], [3] e [1].

A busca realizada resultou em 150 artigos na Web of Science e 323 na Scopus, totalizando 473 produções. Os casos de duplicidade foram resolvidos com o auxílio do software denominado Rayyan. Com esses procedimentos, restaram 143 aptos à análise, cujos resumos foram todos lidos. A partir da análise do conteúdo dos resumos, obteve-se 75 pesquisas analisadas na íntegra e, com isso, foram identificadas 10 metodologias ativas com grande potencial de alcance dos objetivos do projeto: Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*), Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), Aprendizagem Cooperativa, Gamificação, Aprendizagem Baseada em Jogos, Instrução por Pares (*Peer Instruction*), Estudo de Caso, Aprendizagem Baseada em Serviço (*Service Learning*) e Rotação por Estações. Em todos os casos, o Banco de Metodologias Ativas apresenta a definição, as formas de aplicação e os materiais de apoio mais adequados para a prática. Ele é um importante recurso para a comunidade acadêmica uma vez que, além de disponibilizar de modo organizado e categorizado as metodologias citadas, possibilita a reflexão sobre a prática pedagógica, demonstrando grande potencial de impacto na aprendizagem, por meio da inovação educacional, da reflexão crítica sobre o ensino e da promoção da formação continuada aos profissionais docentes.

A terceira etapa de criação do ecossistema proposto, constitui na oferta de atividades de formação que integram várias metodologias e ferramentas digitais. Entende-se que estas atividades proporcionam aos docentes inovar sua prática, compartilhar experiências com outros colegas e refletir sobre o fazer docente. Algumas das atividades realizadas no laboratório LAB_Iê, cujas metodologias e ferramentas foram disponibilizadas no repositório, são detalhadas a seguir.

4.3 Relação teoria e prática por meio da extensão em oficinas de formação docente

Visando a aprendizagem teórico-prática, no segundo semestre de 2024, fez-se a oferta de três oficinas para a formação continuada de docentes e estudantes de licenciaturas em áreas que abrangem o uso de metodologias ativas em conjunto com tecnologias educacionais. Antes do início das formações, os participantes responderam a um questionário, visando identificar o perfil do público-alvo atingido com as atividades propostas. Os participantes possuíam faixa etária entre 18 e 62 anos, cujas áreas de formação abrangeram os seguintes percentuais: 27% de Ciências Humanas; 20% de Ciências Sociais Aplicadas; 13% de Linguística, Letras, Artes; 13% de Ciências da Saúde; 13% de Engenharias; 7% de Ciências Exatas e da Terra; 7% de Ciências Biológicas. Destes dados, 83% cursaram/cursam graduação, 8% cursaram/cursam especialização e 9% cursaram/cursam doutorado.

No que tange à oportunidade de participar de oficinas em um espaço inovador, com infraestrutura flexíveis e recursos tecnológicos diferenciados, 47% indicou que nenhuma vez teve essa experiência; 27% indicou que participou de formações de 1 a 3 vezes em espaços disruptivos de aprendizagem; 13% indicou que participou entre 3 e 5 vezes; e outros 13% indicou experimentar espaços inovadores mais de 5 vezes. Assim, ao integrar atividades teórico-práticas em um espaço flexível composto por recursos tecnológicos e metodologias ativas, o que se percebe é o impacto positivo na aprendizagem, que se dá de modo ativo, participativo e colaborativo.



4.3.1 Oficina Professor Criativo: uso de tecnologias para a gamificação

Esta oficina teve 40 participantes e foi realizada de forma híbrida, com os participantes on-line e as ministrantes presencialmente. O público foi composto majoritariamente por estudantes de licenciatura, especialmente do curso de Pedagogia e, a realização da oficina foi dividida em três momentos:

1. Conceituação – Apresentação dos conceitos e distinções entre Aprendizagem Baseada em Jogos e Gamificação. Utilizou-se o recurso Nuvem de Palavras do Mentimeter para realizar uma avaliação diagnóstica das expectativas dos participantes.
2. Apresentação de ferramentas para experimentação – Exploração de recursos didáticos on-line gratuitos. Nesta oficina, o Kahoot foi utilizado como ferramenta de gamificação por meio de uma atividade de fixação com ranqueamento, premiando os participantes com mais acertos no menor tempo.
3. Atividade prática – Desenvolvimento de um projeto de aula gamificada pelos participantes, aplicando os conceitos e ferramentas apresentados durante a formação.

Como resultado, pode-se perceber que, por ser uma oficina com participantes on-line, o engajamento exigiu atenção redobrada. A proposta de gamificação despertou o interesse dos participantes, favoreceu a motivação e o engajamento por meio da competitividade e da interatividade.

4.3.2 Oficina Explorando a Inteligência Artificial: ferramentas para educadores

Esta oficina teve 37 participantes e foi desenvolvida em três momentos, com foco na participação ativa dos educadores e feedbacks colaborativos:

1. Conceituação – Introdução aos fundamentos da Inteligência Artificial (IA), com foco em IA Generativa. Incluiu avaliação diagnóstica inicial com Nuvem de Palavras via Mentimeter, contextualização histórica da IA e demonstração de ferramentas gratuitas baseadas em IA.
2. Experimentação de Ferramentas – Apresentação de recursos gratuitos de IA e demonstração prática de uso com foco em educação. Foram exploradas funcionalidades e potenciais pedagógicos das ferramentas.
3. Atividade prática – Desenvolvimento de *prompts* de comando em duplas com uso da metodologia de Aprendizagem entre Pares. Os resultados foram compartilhados por meio da Rotação por Estações, possibilitando feedbacks entre os participantes.

Os resultados observados ao final da formação demonstraram que a aprendizagem colaborativa entre pares aliada a infraestrutura promovida pelo espaço físico facilitou a troca de conhecimentos entre participantes com diferentes níveis de familiaridade com IA. A Rotação por Estações promoveu o compartilhamento de dificuldades e a construção coletiva de soluções para o uso pedagógico da IA.

4.3.3 Oficina Criatividade para Não-Designers

Esta oficina teve 27 participantes como público real atingido e foi desenvolvida em três momentos, com uso de metodologias ativas:

1. Conceituação – Introdução à criatividade com base na Teoria do Artista Ladrão [8], além da apresentação de exemplos não óbvios de práticas criativas.
2. Técnicas para Produção de Ideias – Aplicação de *Brainstorming* para geração de ideias, seguida da análise de problemas e design de soluções com base no *Design Thinking* e no *Storytelling*.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

3. Atividade prática – Utilização da Aprendizagem Baseada em Equipes em conjunto com a Aprendizagem Baseada em Jogos para resolução de problemas com o uso do jogo Concept, incluindo sua versão on-line e de ressignificação de usabilidade de objetos em desuso.

Como resultado, percebeu-se que o *Brainstorming* foi aplicado para o desenho de soluções, o *Design Thinking* organizou o processo criativo e a Aprendizagem Baseada em Jogos favoreceu a colaboração. O uso do *Storytelling* ajudou na construção de narrativas para a ressignificação de objetos descartáveis.

5. Conclusão

O LAB_Iê, ecossistema de promoção da aprendizagem mediada por tecnologias, constitui-se como uma iniciativa de grande potencial para o engajamento dos aprendizes seja o estudante, seja o docente em formação continuada —, uma vez que possibilita seu protagonismo no processo de aquisição e assimilação dos conteúdos apreendidos e experienciados. Entende-se que a tríade proposta (espaço disruptivo, banco de metodologias e atividades de formação) potencializa a aprendizagem.

A criação de um espaço diferenciado, o mapeamento de metodologias em um repositório e a proposição de formações articuladas entre esses elementos, têm impacto positivo nos resultados das formações. Nas pesquisas realizadas, foram identificadas diversas iniciativas de repositórios, algumas de espaços diferenciados e muitas ofertas de formação, mas nenhuma que integre essas três iniciativas, como o LAB_Iê propõe. A complexidade de pensar no conteúdo a ser trabalhado, na metodologia a ser utilizada e na disponibilidade de recursos e do espaço é grande; entretanto, o potencial de impacto é proporcionalmente maior.

Compreende-se que a simples disponibilização de infraestrutura física e de um repositório pode ser limitada em seus resultados. Por isso, torna-se fundamental o desenvolvimento de ações formativas, como as oficinas apresentadas ao longo deste trabalho. Assim, o LAB_Iê une recursos físicos, tecnológicos e metodológicos a ações de formação continuada teórico-prática para o desenvolvimento de uma aprendizagem crítica, reflexiva e de impacto social.

Ainda, este ecossistema necessita estar em permanente atualização, uma vez que novas tecnologias são criadas, novas metodologias devem ser disponibilizadas no repositório e, em conjunto, gerar novas atividades de formação. Entende-se que a formação de docentes é um processo contínuo, mas em tempos de intenso uso de tecnologias, de mudança no perfil dos estudantes, e de necessidade de formação de profissionais com características cada vez mais dinâmicas, o ecossistema proposto deve estar em constante renovação para acompanhar essa realidade viva.

6. Referências

1. Bacich, L., Moran, J. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. (Desafios da educação). Porto Alegre: Penso Editora, Grupo A. E-book. ISBN 9788584291168. (2018).
2. Bautista, G., López-Costa, M. Smart learning spaces considering the integration of the pedagogical, environmental and digital dimensions: a systematic review. Learning Environments Research. <https://doi.org/10.1007/s10984-025-09551-2> (2025).
3. Berbel, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. Semina: Ciências Sociais e Humanas, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 25–40, 2012. DOI: 10.5433/1679-0383.2011v32n1p25. (2012)
4. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf>. Acesso em: 23 de mar. de 2025.
5. Ellis, R. A., Goodyear, P. Models of learning space: integrating research on space, place and learning in higher education. Review of Education, 4(2), 149–191. <https://doi.org/10.1002/rev3.3056>. (2016).
6. Freire, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 54 p. (1996).
7. Kitchenham, B. A., Charters, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Tech. Rep. EBSE-2007-01, KeeleUniversity. (2007).
8. Kleon, A. Steal like an artist. Nova York: Workman. (2012).





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

9. MacLeod, J., Yang, H. H., Zhu, S., Li, Y. Understanding students' preferences toward the smart classroom learning environment: Development and validation of an instrument. *Computers and Education*, 122, 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.015>. (2018).
10. Oblinger, D. G. Learning Spaces. *EDUCAUSE*. (2006).
11. Sardinha, L., Almeida, A. M. P., Barbas, M. P. The Classroom Physical Space as a Learning Ecosystem Bridging Approaches: Results from a Web Survey. In: Mealha, Ó., Divitini, M., Rehm, M. (eds) *Citizen, Territory and Technologies: Smart Learning Contexts and Practices. SLERD 2017. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 80. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61322-2_5. (2018)
12. Shi, Y., Peng, C., Wang, S., Yang, H. H. The effects of smart classroom-based instruction on college students' learning engagement and internet self-efficacy. In: CHEUNG, S.; KWOK, L. F.; KUBOTA, K.; LEE, L. K.; TOKITO, J. (ed.). *Blended learning: enhancing learning success*. Cham: Springer, 2018. (Lecture Notes in Computer Science, v. 10949). Disponible em: https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-319-94505-7_21. Acesso em: 18 jun. 2025.
13. Sitthiworachart, J., Joy, M., King, E., Sinclair, J., Foss, J. Aprendizagem ativa apoiada por tecnologia em um espaço de ensino flexível. *Ciências da Educação*, v. 12, n. 9, p. 634, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci12090634>. Acesso em: 18 jun. 2025.
14. Stake, R. E. Qualitative case studies. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. (Ed.). *The sage handbook of qualitative research: Third Edition*. London: Sage, p. 443-466. (2005).
15. Yin, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. São Paulo: Bookman. (2001).





Teaching Carboxylic Acids in Youth and Adult Education: An Experience Report of Supervised Internship I

Ana Flávia Gomes¹[0009-0001-7620-4072] and Paula Cavalcante Monteiro²[0000-0001-5571-6792]

¹ Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brazil

² Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brazil
anagomes.2001@alunos.utfpr.edu.br, paulacavalcantemonteiro@gmail.com

Summary. The present work involves a teaching proposal about carboxylic acids, focusing on the development of the conceptual, procedural, and attitudinal dimensions of learning. The didactic sequence was applied in two meetings and included a review of organic functions, theoretical explanation with the help of visual media, use of contextualized examples, playful activity, and evaluative theoretical activity composed of six questions. The content was approached to relate chemical knowledge to the students' reality, using examples from everyday life. The analysis of the results revealed that the students demonstrated good conceptual mastery. On the other hand, in the procedural issues, they showed difficulties in differentiating structures from aromatic compounds, pointing out the need for greater emphasis on visual representations. Finally, in the attitudinal questions, they indicated that the students were able to critically reflect on the conscious use of chemical substances. The experience reinforces the importance of using active and contextualized methodologies to make the teaching of Chemistry more meaningful and accessible.

Keywords: Supervised Internship, Chemistry teaching, digital technologies

1. Introduction

This work presents the development and application of a didactic sequence aimed at the teaching of carboxylic acids, elaborated in the context of the supervised internship in a Youth and Adult Education (EJA) class. The main objective was to provide more meaningful learning, integrating theory and practice through diversified strategies that favored the understanding of the contents and aroused the interest of students. n etc. does not have an indent, either.

During the classes, the main characteristics of carboxylic acids were explored, including structure, nomenclature, and classifications, in addition to their applications in everyday life, such as in medicines and food. In order to bring the content closer to the students' reality, contextualized examples were used, such as the process of decarboxylation of THCA into THC and the discussion about the risks of self-medication with substances such as acetylsalicylic acid.

In order for this contextualization to be possible, television was used as a pedagogical tool for the display of slides, enlarged images of chemical structures, and conceptual schemes that helped to make the contents more visual, accessible, and attractive to students. This feature was a central element in promoting greater engagement and participation during classes.

The present work also analyzes the results obtained from the application of the evaluative theoretical activity, highlighting the advances and difficulties presented by the students in each of the dimensions evaluated. From this, reflections are made on teaching practice and pedagogical planning, with suggestions for improvement for the teaching of Chemistry in a more accessible, critical, and connected way with the daily life of students. Thus, this study seeks to contribute to the strengthening of the teaching of Chemistry, especially in EJA, valuing a critical education that is close to the students' experience.



2. Related Works

Recent studies highlight the importance of visual resources in Chemistry teaching, as they help students understand abstract concepts and chemical structures [3][5][9][6]. In the context of Youth and Adult Education (EJA), the use of accessible tools, such as slides, images, and diagrams displayed on a screen, can enhance engagement and facilitate learning [3][5]. This study aligns with these approaches by using television to present molecular structures and chemical examples, supporting students' understanding of carboxylic acids in a contextualized and meaningful way [6][9].

This theoretical framework addresses key aspects of teacher training in the context of the Supervised Internship in Chemistry, highlighting its role in connecting theory and practice. It also discusses the conceptual, procedural, and attitudinal dimensions in Chemistry teaching, emphasizing strategies for more contextualized learning. Carboxylic acids are further considered, focusing on their chemical properties and their importance in the construction of students' knowledge during initial teacher training.

2.1 Supervised Internship in Chemistry and the importance in initial training

The supervised internship is essential in undergraduate training, allowing students to connect theoretical knowledge with classroom practice and develop critical reflection skills [3]. In Chemistry, this experience is particularly important, as the licentiate student must master content and contextualize it to facilitate meaningful learning [3].

Immersion in school routines allows interns to understand the complexity of educational practice, recognizing the school as a dynamic social environment [5]. During the internship, students are encouraged to reflect on their teaching, identify challenges, and seek solutions, promoting a critical and adaptive posture [3]. Ethical responsibility is also central, as interns plan, execute, and evaluate activities understanding their impact on student learning, consolidating autonomy and professional commitment [3].

Through direct contact with students, licentiate students develop practical skills such as decision-making, conflict mediation, and adaptation of strategies to the context, strengthening theory-practice integration [3]. The supervised internship thus becomes a privileged space for professional knowledge construction, combining reflection, action, and ethics.

2.2 Carboxylic acids

Carboxylic acids are an important oxygenated functional group, characterized by the carboxyl ($-\text{COOH}$) group, formed by a carbonyl ($\text{C}=\text{O}$) and a hydroxyl ($-\text{OH}$) on the same carbon [8]. IUPAC nomenclature uses a prefix for the number of carbons, an infix for bond type, and the suffix "oico," preceded by "acid" [12]. Monocarboxylic acids contain one $-\text{COOH}$ group, di- or tricarboxylic acids contain two or three, and chains may be aliphatic or aromatic [8].

Common reactions include neutralization, esterification, amidification, reduction, and decarboxylation [11]. Decarboxylation was illustrated using cannabinoids: THCA (non-psychoactive) converts to THC (psychoactive) when heated, showing how functional groups influence chemical and physiological properties [2].

Carboxylic acids are also present in widely used drugs such as aspirin (acetylsalicylic acid), whose functional group determines pharmacological properties and possible adverse effects [10]. In EJA classes, contextualized examples like cannabinoids or self-medication help students understand the relevance of these compounds and promote critical reflection [7][9].



2.3 Contents: Conceptual, Procedural and Attitudinal

Teaching Chemistry should consider three complementary knowledge dimensions: conceptual, procedural, and attitudinal [4]. For carboxylic acids, integrating these dimensions allows students not only to understand the content but also to apply it and reflect critically.

The conceptual dimension involves understanding and explaining concepts [4]. The procedural dimension refers to applying techniques and knowledge [4]. The attitudinal dimension relates to students' attitudes toward learning, including curiosity, responsibility, teamwork, and safety awareness [4]. Practical activities in Chemistry support balanced development across these dimensions, reinforcing content and fostering scientific and civic skills [4].

3. Methodology

This work was developed with a class of 13 students of Youth and Adult Education (EJA), during 6 hours/class distributed in two meetings. To ensure the anonymity of the participants, the students were identified as A1, A2, A3, among others. These identifications were used in the direct quotations present throughout the work, ensuring the confidentiality of the opinions.

EJA is a modality that offers the opportunity to resume studies for those who were unable to complete elementary or high school at the age considered appropriate [13]. This proposal seeks to guarantee the right to education and the use of more flexible methodologies, considering students' prior knowledge and promoting inclusion. In this context, schools adapt the curriculum, materials, and schedules, allowing students to reconcile studies with work and other responsibilities [13].

The main objective of the classes was to teach about carboxylic acids, exploring their characteristics, nomenclature and practical applications through activities that encouraged student participation and critical thinking. To support the activities, television was used as a pedagogical tool for the exhibition of slides and chemical structures. This visual resource facilitated the assimilation of the contents, making the information clearer and more accessible, which encouraged active participation with more enriching discussions in the classroom.

The first class (06/23/2025) began with a review of the organic functions previously seen: alcohols, aldehydes, and ketones. Television was used as the main pedagogical resource for the exhibition of slides that contained both written examples and visual representations of the chemical structures of these functions. Then, the students were introduced to the main theme of the class (carboxylic acids) through everyday examples, which facilitated the connection between theory and practice, making the content more meaningful and closer to their reality.

To arouse interest and show the practical relevance of the content, an explanatory text on the decarboxylation of THCA into THC was distributed to the class. This text showed how the alteration of a functional group of a molecule can significantly alter its chemical and biological properties. It was highlighted that THCA, present in the plant, has a carboxylic acid group with anti-inflammatory and non-psychoactive properties, while THC, generated after heating and loss of this group, is responsible for the psychoactive effects. This detailed explanation enabled students to have a clearer and more concrete understanding of the impact that the presence or absence of certain functional groups can have on the characteristics, functions, and effects of chemical substances.

Next, examples of carboxylic acids present in medicines were presented, with emphasis on acetylsalicylic acid (ASA), popularly known as aspirin. The discussion addressed how ASA acts as an anti-inflammatory and analgesic, but can also cause side effects, such as gastric irritation, especially when used inappropriately,



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

bringing a reflection on the topic of self-medication. This moment served to relate chemistry to real health situations, emphasizing the importance of the conscious use of medications.

The structure, classification and nomenclature of carboxylic acids were presented in a didactic way using different resources, including slides, blackboard and printed material. To reinforce learning, a playful activity in the form of bingo was applied involving the organic functions of hydrocarbons, ketones, aldehydes and carboxylic acids as shown in figure 1. Each card contained the nomenclature, the structure and an example from everyday life to facilitate the identification and fixation of concepts. The activity was carried out in pairs, and stimulated collaboration and interaction among students.

BINGO FUNÇÕES ORGÂNICAS			BINGO FUNÇÕES ORGÂNICAS		
Propanona (CH ₃ COCH ₃) - removedor de esmalte	Etino (CH≡CH) - solda industrial	Ácido benzoico (C ₆ H ₅ COOH) - conservante alimentar	Etino (CH≡CH) - solda industrial	Propanona (CH ₃ COCH ₃) - removedor de esmalte	Eteno (CH ₂ =CH ₂) - amadurecimento de frutas
Etanal (CH ₃ CHO) - aroma de frutas		Álcool etílico (CH ₃ CH ₂ OH) - bebidas alcoólicas	Álcool etílico (CH ₃ CH ₂ OH) - bebidas alcoólicas		Ácido propanoico (CH ₃ CH ₂ COOH) - preservantes de pão
Metano (CH ₄) - gás de cozinha	Ácido etanoico (CH ₃ COOH) - vinagre	Fenol (C ₆ H ₅ OH) - antisséptico	Ácido etanoico (CH ₃ COOH) - vinagre	Butano (C ₄ H ₁₀) - isqueiros	Etanal (CH ₃ CHO) - aroma de frutas

Fig. 1. Example of the bingo cards that were produced and used in the playful activity.

In the second meeting (06/26/2025), the class began with a review of the contents previously worked on carboxylic acids. For this, the blackboard and the presentation of a mind map (figure 3) were used, elaborated with the objective of reinforcing the main concepts in a visual, organized and summarized way.

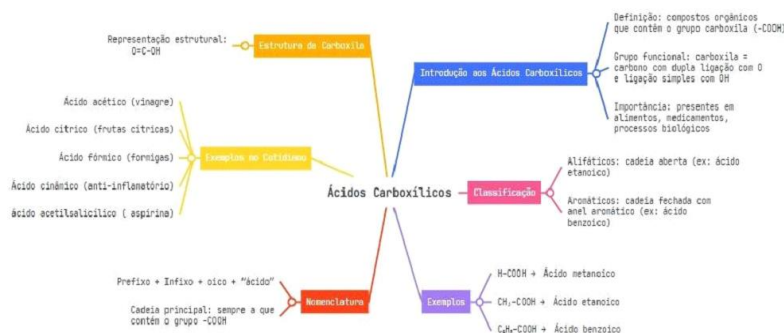


Fig. 2. Mind map created on mindmeister website

Then, the students carried out an evaluative activity composed of six questions, organized based on the conceptual, procedural and attitudinal dimensions of knowledge [4].

The first two questions sought to evaluate the students' conceptual domain, addressing the identification and understanding of functional groups, nomenclature and structural representation of compounds. Questions 3 and 4, procedural nature, were prepared to verify the ability to apply the content in practical contexts. The last questions were focused on the attitudinal dimension, focusing on critical reflection on the use of chemical substances in everyday life.

4. Results and discussions

The evaluative activity was applied at the end of the content on carboxylic acids with the objective of verifying the level of understanding of the students in relation to the conceptual, procedural and attitudinal aspects.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025

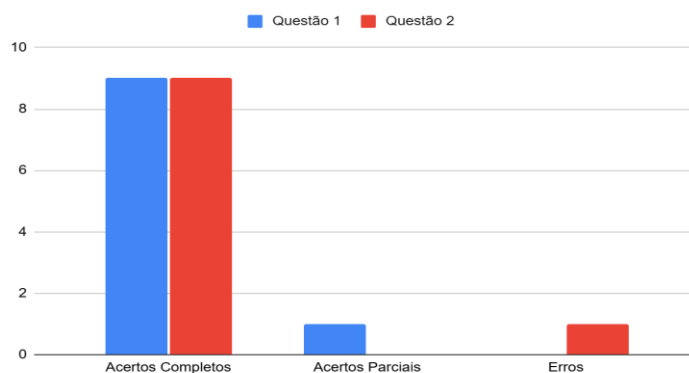


Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

In the first question, which requested the correct association between compounds and functional groups, 90% of the students present completely got the activity right. Only 10% had difficulties, changing the description of carboxylic acid to that of aldehyde. This error reveals a specific difficulty in differentiating between the structures of the carboxyl ($-\text{COOH}$) and the terminal carbonyl ($-\text{CHO}$), which can be worked on in future classes through a content review. Despite this mistake, the overall performance was quite positive, indicating that the students were able to clearly recognize and distinguish the functional groups presented.

In the second question, students were asked to apply their knowledge of nomenclature and chemical structure to design the structural formula of methanic acid. It was observed that 90% of the students correctly represented the structure with H, $\text{C}=\text{O}$, and OH. Only 10% showed a mistake of inversion between carbon and hydrogen. This demonstrates a small difficulty when it comes to drawing the structure of the molecule, although they were able to correctly identify the functional groups involved, which already indicates some mastery of the content.

In general, it was observed that the resolution of these two questions revealed that the students had mastered the fundamental concepts about carboxylic acids. This familiarity with the content is due to the contextualized approach used in the classes, with everyday examples such as vinegar and medicines, which is in accordance with the guidelines for the meaningful teaching of Chemistry [7][10].



Graph 1 . Mistakes and successes of questions 1 and 2.

Analyzing the graph referring to questions 1 and 2, it is observed that 90% of the students completely got both questions right, showing a good command of the contents. About 10% of the students obtained partial correct answers in question 1, indicating an intermediate understanding, while another 10% presented a mistake in question 2, demonstrating the need for reinforcement in certain points.

The procedural questions (3 and 4) focused mainly on evaluating the students' ability to apply the knowledge acquired about functional groups and chemical processes in real contexts. These activities were important to develop analytical skills in the students, as they required interpretation of chemical structures and understanding of decarboxylation. This dimension of procedural knowledge involves the practical application of techniques, rules, and strategies to solve problems [4].

In the third question, the students analyzed three molecules derived from the benzene ring, with different functional groups: phenol, an aldehyde and aromatic carboxylic acid. The objective was to identify which statements were correct about these structures. Only 60% of the students marked correctly, which shows that more than half of the class was able to correctly identify the differences between the functional groups. The 40% of the class presented difficulties, especially in differentiating the hydroxyl and carboxyl functions when applied to aromatic compounds.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

On the other hand, in the fourth question, related to the process of decarboxylation of THCA into THC, the performance was more positive. About 80% of the students completely answered the proposed questions correctly, demonstrating that they understood that THCA has a carboxylic group and that, when it is heated, this group is removed, transforming it into THC. This result is directly linked to the interest aroused by the theme and the approach used during the class, which, according to the reference, makes the content more accessible [7][2].

The procedural issues provided an important exercise in the application of knowledge, allowing students to relate theory to concrete situations. The use of current and close to reality examples, such as marijuana and its chemical transformations, was effective in arousing the students' attention and promoting a more meaningful understanding of the contents. This strategy also contributed to the development of scientific argumentation and critical thinking, which are fundamental skills for the teaching of Chemistry, according to the guidelines for teacher training and the use of experimentation [4].

The last part of the evaluative activity included two attitudinal questions, aimed at stimulating students' critical reflection on the conscious use of medications and the importance of professional guidance, especially in relation to compounds that have carboxylic acid in their structure. This dimension, according to the framework, involves the formation of values and attitudes such as responsibility, ethics and social awareness in the face of scientific knowledge [4].

Question 5 proposed to the students a reflection on the practice of self-medication and the risks associated with the indiscriminate use of medications, with emphasis on AAS (acetylsalicylic acid). This activity aimed to stimulate the development of critical and responsible attitudes, raising students' awareness of the importance of professional guidance in the use of medications [7][9]. Most students demonstrated a good understanding of the dangers of this practice, recognizing that each organism reacts differently to chemical substances. Student A1 wrote: *"wrong, because each person has a different organism, in some the medication may not cause anything, but in others it may have negative reactions"*, while student A5 highlighted: *"people should be more careful with medications"*. These answers revealed that the discussion in the classroom was effective in promoting a critical reflection on individual responsibility in relation to one's own health. Another important point was the recognition that, despite the ease of access to medicines, their use requires care. Student A9 stated: *"it is important to reflect before taking medication for your own safety"*, showing that the contents discussed went beyond theory and awakened ethical awareness.

Complementing this approach, question 6 asked students to reflect on the importance of seeking information and professional guidance before using products containing carboxylic acids. This activity reinforced awareness about the safe use of chemicals widely present in drugs. The answers demonstrated that the students understood the potential risks of inappropriate use of these compounds. Student A3 *"carboxylic acids can cause side effects and only a professional can indicate correct and safe use"*. Student A5 warned: *"excessive use of medications such as aspirin can cause allergies or effects."* Such statements indicate that the content was assimilated, promoting more conscious and responsible attitudes towards the use of chemical substances in daily life. This type of reflection evidences the effectiveness of contextualized teaching, in which it values the approximation between science, health and daily life [10].

5. Final considerations

The proposed activities showed positive results, especially regarding conceptual and attitudinal aspects. However, some difficulties persisted, particularly in the recognition of functional groups in aromatic compounds. This indicates that future activities should include additional exercises and strategies to reinforce the identification and understanding of these compounds.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

The internship in an EJA context provided valuable insights into the diversity of students' learning paces and backgrounds. This experience highlighted the need for flexible planning and adaptive teaching strategies. Future work could explore more differentiated and individualized approaches, taking students' unique learning trajectories into account, to further enhance engagement and learning outcomes.

Additionally, while the use of visual resources and playful activities, such as thematic bingo, increased student motivation, it would be beneficial to investigate other interactive and technological tools that could further support learning and engagement. Longitudinal studies could also assess content retention over time and the impact of these methodologies on students' overall understanding of Chemistry.

Finally, applying similar teaching sequences to other Chemistry topics could provide broader insights into how active and contextualized approaches can enhance learning in EJA settings, contributing to more meaningful and accessible Chemistry education.

6. References

1. BRAZIL SCHOOL. Review of oxygenated functions. Available at: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/revisao-de-funcoes-oxigenadas.htm>. Accessed on: June 30, 2025.
2. EDUCAPES. Cannabinoids: historical-cultural, chemical and pharmacological aspects. Available at: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/740764/1/cannabinoides-aspectos-historico-culturais-quimicos-e-farmacologicos.pdf>. Accessed on: June 30, 2025.
3. GARCEZ, Edna Sheron da Costa; SANTOS, Adriana Cristina; ROSA, Fábio Pinto da. The supervised internship in Chemistry: possibilities of experience and responsibility with the exercise of teaching. *Alexandria: Journal of Education in Science and Technology*, Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 7–21, 2012. Available at: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37740>. Accessed on: June 29, 2025.
4. KUNDLASTCH, Aline; AGOSTINI, Gabriela; RODRIGUES, Gabriela Leonel. Curricular contents in the teaching of Chemistry: analyzing articles from *Química Nova na Escola* sobre experimentação. *New Chemistry at School*, São Paulo, 2018. Received: 21 mar. 2018. Accepted on: June 19, 2018.
5. LINHARES, Paulo Cássio Alves; MORAIS, Carla Dantas de; PEREIRA, Danielly Alves; FERREIRA, Fabrício Alves. The importance of the school, student, supervised internship and the entire educational process in the initial training of the teacher. *Territórios Educacionais em Revista*, v. 4, n. 2, p. 115–127, 2014. Available at: <https://revistas.ufg.br/teri/article/view/35258/18479>. Accessed on: June 29, 2025.
6. MUNDO EDUCAÇÃO. Carboxylic acids. *UOL Educação*. Available at: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/os-acidos-carboxilicos.htm>. Accessed on: June 30, 2025.
7. MUNDO EDUCAÇÃO. Oxygenated organic functions and their applications. *UOL Educação*. Available at: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/funcoes-organicas.htm>. Accessed on: June 30, 2025.
8. MULTIPLE CHOICE. Oxygenated organic functions. Available at: <https://www.multiplescolha.com.br/funcoes-organicas-oxigenadas/>. Accessed on: June 30, 2025.
9. OLIVEIRA, Elaine de. Organic functions in the social context of drugs. 2012. Final Paper (Degree in Chemistry) – Federal University of Sergipe, Prof. Alberto Carvalho Campus, Department of Chemistry, Itabaiana, SE, 2012.
10. SILVA, Maria Lúcia Machado; PINHEIRO, Paulo César. Chemical education and the problem of self-medication. *Química Nova na Escola*, Campinas, v. 35, n. 2, p. 92–99, May 2013. Available at: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/05-RSA-93-11.pdf. Accessed on: 1 jul. 2025.
11. TEACHY. Lesson plan: Carboxylic acids. Available at: <https://www.teachy.com.br/planos-de-aula/ensino-medio/3ano/quimica/plano-de-aula-or-metodologia-expositiva-or-funcoes-organicas-acido-carboxilico-Expositiva>. Accessed on: June 30, 2025.





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

12. ALL MATTER. Carboxylic acids. Available at: <https://www.todamateria.com.br/acidos-carboxilicos/>. Accessed on: June 30, 2025.
13. BRAZIL. Ministry of Education. *CNE institutes new operational guidelines for EJA*. MEC Portal, 10 Apr. 2025. Available at: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/2025/abril/cne-institui-novas-diretrizes-operacionais-para-a-eja>. Accessed on: 03 jul. 2025.





Adaptación del plugin H5P de Moodle como herramienta gamificada para recolección de datos

Manuel Larrosa¹[0000-0001-9332-2487], Silvia Laborde²[0009-0005-9866-8053],

Ricardo Tombesi³ [0000-0002-2984-1992]

^{1,2} CIEDA Universidad de la República, Montevideo, UY.

³ Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, BR.

manuel.larrosa@gmail.com, silvia.laborde@cienciassociales.edu.uy, ricardotombesi@ufsm.br

Abstract. This article explores the potential of adapting the Moodle H5P plugin as a gamified tool for data collection. The aim of this adaptation is to increase response rates when using online questionnaires with university professors. This population often faces demanding workloads, multiple jobs, and a high volume of traditional surveys -making it difficult for them to respond to all. In this context, H5P emerges as a widely used, open access tool available both within the Moodle platform and as a standalone solution. Among its advantages are the ease of content creation and uploading, its flexibility for distribution across various channels (HTML, messaging apps, social media), and its structured data output, which facilitates efficient analysis. By offering an easy-to-use, entertaining, and dynamic gamified questionnaire format, H5P can help improve participation rates. In doing so, it provides a versatile methodological tool that can be adapted to a wide range of research contexts.

Keywords: Gamification, Data Collection Methods, H5P

1. Introducción

Un desafío recurrente entre investigadores en el área de la educación es cómo acceder a información de calidad al aplicar herramientas de recolección de datos. Los instrumentos orientados a este fin son múltiples, los cuáles obedecen al tipo de datos que se busca obtener de acuerdo con la finalidad del estudio que se lleva adelante. Sin embargo, cuando se busca obtener información de fuentes primarias, la cual es relevada por los investigadores directamente a partir de los sujetos de estudio, los instrumentos al alcance de los investigadores se reducen sensiblemente. A grandes rasgos se puede decir que los instrumentos más habitualmente utilizados en ciencias sociales para obtener información cualitativa a partir de fuentes primarias son los cuestionarios y las entrevistas [1], en sus diversas modalidades. Como todas las herramientas de recolección de datos, tienen sus ventajas y sus debilidades, pero lo más importante, es que se adecuen efectivamente a la población que buscan relevar; es decir, que se adapten a la realidad de los sujetos a los cuales están destinados. El presente artículo describe una utilidad del Plugin H5P de Moodle, para ser utilizado como herramienta para recolección de datos entre docentes universitarios. En este sentido, se hace imprescindible atender a la realidad cotidiana de los actores involucrados, -docentes universitarios para quienes es habitual una alta carga horaria de trabajo, participación en varios proyectos en simultáneo, cursos y actividades de características muy disímiles entre sí, e incluso, puestos de trabajo en más de una institución [2]. Esta realidad implica que el tiempo que pueden donar para participar en una investigación es limitado y muchas veces, escaso.

Con este objetivo, se apela a una herramienta gamificada, ya que posibilita aproximarse a la experiencia de relevamiento con otra disposición y ofrece a los participantes un valor agregado, ya que contestar el cuestionario no sólo significa aportar datos para el trabajo de colegas, sino también familiarizarse con una herramienta útil y versátil que pueden usar en sus propias aulas.



2. Objetivo

El propósito de este artículo es describir las ventajas de una herramienta gamificada para realizar recolección de datos en una población adulta, con alta carga horaria de trabajo y en un área que los involucra directamente desde el punto de vista profesional.

Se espera que los aportes metodológicos que este artículo presenta puedan ser útiles para investigadores en diversas ramas de las ciencias sociales, a la hora de enfrentarse a poblaciones con características similares a las descritas en este texto.

3. Marco Teórico

El concepto de gamificación hace referencia a la aplicación de lógicas de juego a otros contextos [3], con la finalidad de recrear la experiencia motivadora y de distensión que el jugar proporciona [4]. Asimismo, se considera a la gamificación como una serie de prácticas que buscan adaptar elementos propios del diseño de videojuegos a otros ámbitos de la vida cotidiana [5], con la finalidad de motivar e incentivar la participación.

Las lógicas gamificadas se han incorporado a múltiples aspectos de la vida cotidiana: se manifiestan en redes sociales; en estrategias de marketing; en el entrenamiento de empleados; aplicaciones móviles de salud o compras; incluso en trámites gubernamentales [6] y especialmente, en el entretenimiento y desarrollo de videojuegos [7,8].

A pesar de sus múltiples aplicaciones en diversos aspectos de nuestra vida cotidiana, el ámbito educativo es un espacio donde su utilidad ha cobrado especial interés [9]. Sin embargo, las lógicas de juego se encuentran más allá de los entornos educativos, de hecho, se pueden manifestar de diversas formas en nuestro día a día, como la adquisición de puntos/millas/dinero al realizar compras; recibir reconocimientos por alcanzar objetivos respecto al ejercicio diario o alimentación; integrar una tabla de clasificación que brinda determinados beneficios. De hecho, esta tríada conocida como PBL por sus siglas en inglés (points, badges, leaderboards, en español: puntos, medallas, tablas de clasificación), es la más común y más estudiada, por su presencia habitual en aplicaciones deportivas que miden el rendimiento del usuario, estrategias de marketing, plataformas educativas, etc. [10].

Más allá de sus múltiples manifestaciones, la literatura es escasa acerca de la aplicación de estrategias gamificadas destinadas a la recolección de datos. Existen experiencias concretas de la utilización de estrategias de juego para recolección de datos con población infantil en el ámbito de Educación Primaria [11]. Sin embargo, a partir de una revisión de literatura realizada para este trabajo, son prácticamente nulas las experiencias de utilización de herramientas gamificadas para recolección de datos entre docentes universitarios.

4. Antecedentes

Existen diversos usos de la gamificación, que se adaptan a muy variadas utilidades en nuestra vida cotidiana. La investigación en educación no es una excepción, y como otros ámbitos del conocimiento, también puede incorporar lógicas de juego en sus aplicaciones profesionales. Un ejemplo es el plugin H5P que incorpora Moodle.

Moodle es un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) desarrollado por Martin Dougiamas mientras cursaba sus estudios de doctorado en la Curtin University of Technology (CUT) de Australia. La motivación para su desarrollo fue la frustración con el software existente en ese momento en la CUT, dada la imposibilidad de modificar su código y adaptarlo a sus necesidades, debido a la propiedad del licenciamiento con que estaba registrado. Estas circunstancias impulsaron a Dougiamas a crear su propio EVA, bajo licencia de código abierto y basado en principios socioconstructivistas de construcción colectiva de conocimiento [12]. Moodle fue



lanzado en el año 2001 bajo un acuerdo de licencia de uso público, lo que implicó que su código fuente fuese abierto y disponible para cualquiera.

4.1 Plugin H5P para Moodle

Moodle incorpora de forma nativa diversas herramientas gamificadas que permiten motivar y comprometer al estudiante, como las insignias digitales, los requisitos de finalización de actividades, la liberación condicional de contenidos, los foros con calificación, y los bloques de progreso. Estas funciones permiten diseñar rutas de aprendizaje dinámicas, premiar el esfuerzo y fomentar la autonomía del estudiante. Además, Moodle integra el módulo H5P como una actividad más dentro de un curso online, lo que posibilita la creación de contenidos interactivos (como cuestionarios, videos con preguntas, escenarios ramificados, entre otros) directamente desde la plataforma. Si bien algunas actividades de H5P permiten el registro automático de resultados en el libro de calificaciones (por ejemplo, cuestionarios y ejercicios autocorregibles), no todos los tipos de contenido generan calificaciones o son compatibles con el seguimiento de resultados, por lo que es importante seleccionar cuidadosamente las actividades según los objetivos pedagógicos u otros usos que se les desee dar.

Por su cualidad de ser una herramienta educativa de fácil utilización, que se encuentra disponible de forma gratuita en la plataforma Moodle, H5P se posiciona como un recurso apropiado para adaptar un cuestionario para recolección de datos. [13] destacan la utilización de H5P por su ventaja de ser una herramienta gratuita y adaptable, para ser utilizada por cualquier persona, que tenga instalado Moodle o no, ya que los contenidos desarrollados pueden canalizarse también vía HTML.

5. Implementación

La creación de un recurso H5P en la plataforma Moodle es un proceso altamente intuitivo, incluso para usuarios con poca experiencia previa. Como se observa en la Fig. 1, el instante (a) muestra la interfaz donde se presentan algunos de los diferentes tipos de actividades gamificadas disponibles en H5P. En el recuadro rojo se destaca la opción *Quiz*, un recurso versátil que permite la incorporación de diversas modalidades de preguntas. En el instante (b) de la misma figura, se muestra que al seleccionar la opción Quiz, el usuario puede elegir entre múltiples formatos de preguntas, tales como selección múltiple, arrastrar palabras, completar espacios en blanco, marcar palabras clave, arrastrar texto y preguntas de verdadero o falso.

A partir de la combinación de estas y otras opciones disponibles, H5P permite a los investigadores desarrollar un cuestionario utilizando recursos gamificados y enviarlo directamente a su muestra a través de un link. El potencial de la herramienta está en diseñar actividades que permitan involucrar a los relevados de manera motivadora, para recopilar información de una forma que no sea tediosa, de acceso simple, ágil y entretenida. Como remarcan [13] cuando las actividades son inmersivas, los participantes se ven motivados a sumarse y se involucran activamente. La participación activa es una oportunidad para relevar sus opiniones de un modo relajado a través del cual se sientan cómodos y puedan expresarse libremente.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

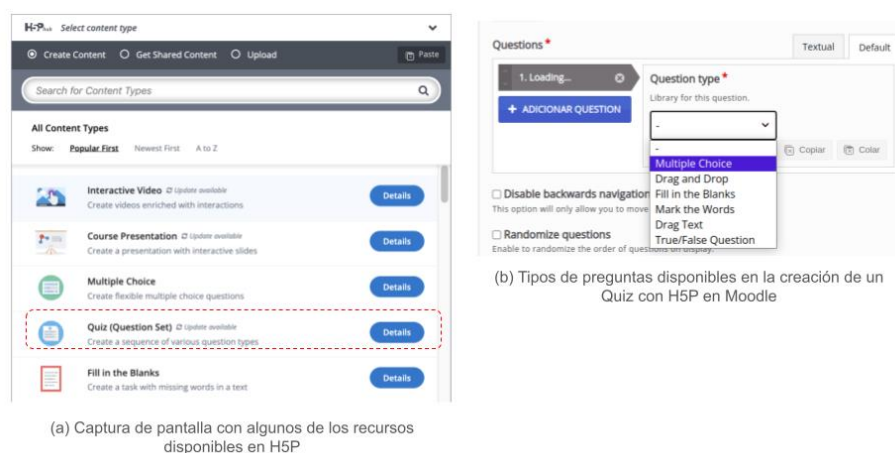


Fig. 15. Instantes (a) y (b), con la selección del recurso Quiz y sus opciones de preguntas.

5.1 Recolección de datos

La creación del contenido para recolección de datos se puede realizar de dos formas. Por un lado, desde el sitio web oficial de H5P, mediante el registro de usuario. Por el otro, a través del plugin de H5P, integrado a un Moodle institucional.

H5P permite exportar los datos para su posterior tratamiento mediante dos opciones principales: a través de las funcionalidades nativas de Moodle o por medio de una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones). Utilizando Moodle, las respuestas generadas en las actividades H5P se almacenan automáticamente en el Gradebook, herramienta comúnmente empleada por los docentes para registrar las calificaciones de los estudiantes, especialmente en cuestionarios con respuestas correctas o incorrectas. Sin embargo, un desafío asociado al uso exclusivo del Gradebook es que algunas actividades H5P pueden estar orientadas a la recolección de información a partir de preguntas abiertas, sin una única respuesta correcta, lo cual limita el aprovechamiento pleno de los datos recolectados. En estos casos, la utilización de una API puede ofrecer mayor flexibilidad, ya que permite el acceso a registros más completos e integrados con sistemas externos de análisis de datos.

La opción de utilizar una API, más específicamente el estándar xAPI (<https://h5p.org/documentation/x-api>), permite superar las limitaciones del Gradebook de Moodle al registrar detalladamente las opciones de respuesta de cada persona que interactúa con un cuestionario creado en H5P. Para emplear esta funcionalidad, el contenido H5P debe ser cargado en un sitio web externo, como una plataforma de desarrollo tipo WordPress o similar. Es importante señalar que, para almacenar los datos generados, es necesario instalar un complemento adicional, como el plugin `h5pxapikatchu` (<https://github.com/otacke/h5pxapikatchu>), específico para WordPress. Una vez realizada esta integración, los datos recolectados pueden ser visualizados y descargados directamente desde el menú del plugin, en formato CSV. La Fig. 2. muestra un ejemplo de captura de pantalla de los datos recopilados de esta forma, mostrando tanto registros de participantes hipotéticos como la opción de descarga.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Actor Id	Object Def.	Description
account: 3c5cb0a1-0345-48c5-a8e8-68dc79d7861c (https://ricardotombesi.com.br)		
account: 5ce8065a-ea23-4084-9f5d-6ffdd7e8e91c (https://ricardotombesi.com.br)		
account: 5ce8065a-ea23-4084-9f5d-6ffdd7e8e91c (https://ricardotombesi.com.br)		
account: 5ce8065a-ea23-4084-9f5d-6ffdd7e8e91c (https://ricardotombesi.com.br)		

Fig. 16. Ejemplo de datos recolectados con el plugin h5pxapikatchu en WordPress

Un aspecto positivo de este método es que permite un análisis más completo de todas las interacciones de los usuarios, superando así las restricciones del Gradebook de Moodle en un contexto de relevamiento que incluya preguntas abiertas.

En síntesis, tanto la opción de almacenamiento de datos a través de Moodle como mediante el uso de xAPI presentan ventajas y desventajas que deben ser consideradas según los objetivos específicos de cada investigación. Mientras el Gradebook de Moodle ofrece una solución práctica e integrada, especialmente útil en contextos donde se requieren respuestas cerradas, la integración con xAPI permite una recolección de datos más detallada y flexible, adecuada para investigaciones que buscan explorar percepciones, comportamientos o interacciones, que requieran respuestas abiertas. Por lo tanto, la elección entre una u otra alternativa dependerá del tipo de análisis deseado, del perfil técnico de los investigadores y de los recursos tecnológicos disponibles para el desarrollo y la gestión de los instrumentos gamificados.

6. Conclusión

El presente trabajo presenta el potencial de H5P como estrategia metodológica para la recolección de datos en contextos educativos. En particular, el uso de actividades interactivas desarrolladas con H5P en Moodle ofrece una alternativa ágil, accesible y atractiva para captar la atención de docentes universitarios con alta carga laboral. El integrar elementos lúdicos al proceso de participación, posibilita incrementar las tasas de respuesta y favorecer un clima más propicio para la expresión genuina de percepciones y experiencias.

De este modo, H5P permite a los investigadores desarrollar un cuestionario utilizando estos recursos y enviarlo directamente a su muestra a través de un link. El potencial de la herramienta está en diseñar actividades que permitan involucrar a los relevados de manera motivadora, para recopilar información de una forma que no sea tediosa, de acceso simple, ágil y entretenida.

Asimismo, se plantea una línea prometedora para futuras investigaciones que busquen innovar en el diseño de instrumentos, especialmente en poblaciones adultas que valoran la usabilidad, el respeto por su tiempo y la posibilidad de retroalimentación inmediata.

6.1 Limitaciones

Una limitación relevante de esta propuesta es el posible sesgo de afinidad entre investigadores y participantes, al compartir el mismo perfil profesional. Esta cercanía puede influir en la forma en que se responde al cuestionario, sea por deseo de cooperación o por la percepción compartida de los temas abordados. Además, si bien se asume que los docentes universitarios tienen experiencia con Moodle, el grado de familiaridad con H5P puede variar, lo cual podría afectar la fluidez con la que interactúan con la herramienta.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Desde una perspectiva pedagógica, el diseño gamificado de instrumentos de recolección de datos se alinea con principios del aprendizaje significativo, al reducir la carga cognitiva asociada a formularios tradicionales y promover una disposición emocional más positiva hacia la tarea. Este enfoque puede aumentar tanto la tasa de respuesta como la profundidad reflexiva de las respuestas obtenidas, al disminuir la percepción de obligación y favorecer el interés intrínseco. No obstante, es fundamental considerar también el impacto que estos elementos lúdicos pueden tener en la validez de los datos. Recompensas visuales, retroalimentación inmediata o dinámicas propias del juego pueden influir en las respuestas, especialmente si el diseño prioriza el atractivo por sobre la precisión o la deliberación [14].

7. Referencias

1. Matthews, R., & Ross, E. (2010). *Research methods: A practical guide for the social sciences*. Pearson Education Ltd.
2. Rivero, L., & Ferrando, F. (2022). El reconocimiento del trabajo docente en Uruguay: nuevos enfoques y evidencias. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 13(1), 5-22. Available at: <https://doi.org/10.18861/cied.2022.13.1.3094>. Last accessed: 2025/07/14
3. Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the win* (Vol. 51). Philadelphia: Wharton digital press.
4. Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014, January). Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification. In *2014 47th Hawaii international conference on system sciences* (pp. 3025-3034). IEEE. Available at: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>. Last accessed: 2025/07/14
5. Deterding, S.: Situated motivational affordances of game elements: A conceptual model. In *Gamification: Using game design elements in non-gaming contexts*, a workshop at CHI (Vol. 10, No. 1979742.1979575). (2011). Available at: https://www.researchgate.net/publication/303084050_Situated_motivational_affordances_of_game_elements_A_conceptual_model. Last accessed: 2024/07/14
6. Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. John Wiley & Sons.
7. Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps*. "O'Reilly Media, Inc."
8. Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in human behavior*, 69, 371-380. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>. Last accessed: 2025/07/014.
9. Torres, L. C. (2020, March). La gamificación como metodología de innovación educativa. In *V Congreso Internacional Virtual Sobre La Educación En El Siglo XXI (Marzo 2020) LA, marzo* (pp. 164-175). Available at: <https://www.eumed.net/actas/20/educacion/13-la-gamificacion-como-metodologia-de-innovacion-educativa.pdf> Last accessed: 2025/07/14.
10. Larrosa, M., Wives, L., & Rodés, V. (2023, October). Gamification strategies as formative assessment methods. A systematic review. In *Latin American Conference on Learning Technologies* (pp. 145-156). Singapore: Springer Nature Singapore. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-99-7353-8_12. Last accessed: 2025/07/14.
11. Larrosa, M., Wives, L. K., & Rodés, V. (2025). Kahoot as a data collection tool to work with school age children. *Journal on Interactive Systems*, 16(1), 227-235. Available at: <https://doi.org/10.5753/jis.2025.4705> Last accessed: 2025/14/24.
12. Costello, E. (2013). Opening up to open source: looking at how Moodle was adopted in higher education. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 28(3), 187-200. Available at: <https://doi.org/10.1080/02680513.2013.856289>. Last accessed: 2025/07/14.
13. Wicaksono, J. A., Setiarini, R. B., Ikeda, O., & Novawan, A. (2021, January). The use of H5P in teaching English. In *The First International Conference on Social Science, Humanity, and Public Health (ICOSHIP 2020)* (pp. 227-230). Atlantis Press. Available at: <https://doi.org/10.2991/asschr.k.210101.049> Last accessed: 2025/07/14.
14. Toda, A. M., Valle, P. H., & Isotani, S. (2017, March). The dark side of gamification: An overview of negative effects of gamification in education. In *Researcher links workshop: higher education for all* (pp. 143-156). Cham: Springer International Publishing. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97934-2_9. Last accessed: 2025/07/14.





Serious Game focused on reinforcing STEAM skills with knowledge of basic arithmetic operations

Antonio Silva Sprock¹[0000-0002-9911-4774], Ana Morales Bezeira¹[0000-0001-5482-0512], Julio Ponce Gallegos²[0000-0002-1062-5288], Rhadames Carmona¹, Leonardo Mendoza¹

¹ Universidad Central de Venezuela, Escuela de Computación, Caracas, Venezuela

² Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México
asilva.sprock@gmail.com, ana.moralesbezeira@gmail.com, julio.ponce@edu.uaa.mx, recs34@gmail.com, leonardo.rafael.mendoza@gmail.com

Abstract. This paper presents the development of an educational Serious Game, called Mágika Mate, as an effective tool designed to enhance the learning of basic arithmetic operations (addition, subtraction) in an interactive and motivating way. We developed the application with the Godot 4.3 engine and an attractive visual aesthetic inspired by computer graphics, integrating cohesive game mechanics such as crafting and combination/decombination elements. These mechanics, specifically designed to contextualize and practice addition and subtraction operations in a playful manner, promoting active learning and the practical application of these fundamental mathematical concepts. The development of Mágika Mate demonstrated the potential of serious games to significantly increase student engagement and motivation towards mathematics, offering an experience accessible through web browsers, Windows systems, and Android devices. This work opens a promising path to transform the teaching and learning of basic arithmetic operations, offering an innovative alternative to democratize access to quality mathematics education.

Keywords: Serious Games, Math, Gamification.

1 Introduction

The Online Knowledge Assessment System (Secel), developed by the School of Education of the Andrés Bello Catholic University (UCAB) in Venezuela, revealed a worrying picture of the learning level of Venezuelan high school students, with 67.70% of the students tested failing math. The average score of 7.53 points out of 20 indicates a deterioration compared to previous years [1].

This situation requires the development of strategies that can contribute to improving results, with serious games being an alternative that could quickly mass-produce a small, inexpensive aid as an engaging and educational option. This led to the design and development of Mágika Mate, a serious game for educational purposes and training in the basic arithmetic operations of addition, subtraction, and associative, commutative, and distributive functions.

Mathematics is a fundamental subject for intellectual and professional development. However, many students struggle with its learning.

In this context, serious games are presented as an alternative to improve the learning experience and motivate students to learn mathematics. This proposal falls within the area of research on serious games and mathematics education.

The objective of the serious game in this case is to improve mathematics learning in a fun and practical way for elementary, secondary, and university students, as well as for adults interested in improving their mathematical skills.



2 Development of Mágika Mate

To develop the game, we used the iterative and structured methodology of Jason Thor Hall [2]. This facilitates progress tracking, time and resource management, and the formal presentation of the project in a document. Furthermore, this approach allows the process to be described clearly and logically, facilitating understanding and, to a certain extent, replicability of the methodology in similar projects. The phases included in the methodology are Preliminary Research, Requirements Analysis and Design, which included the Game Design Document (GDD), Prototype Implementation and Evaluation, which includes Pre-production and Production, Integration Testing, and Prototype Presentation.

The Mágika Mate is available, where you can run and play for free in: <https://mmcreativeproductions.itch.io/magika-mate-prototype>, and you can see a video of its operation in <https://www.youtube.com/@MMMCreativeProductions>.

2.1 Game Design Document (GDD)

It provides a detailed description of the game's key elements, including the narrative, gameplay mechanics, user interface, and the pedagogical objectives it seeks to reinforce. We used a 2D visual style, with simple yet attractive graphics and a cartoonish art style, focused on being accessible and understandable for children. The GDD also includes design decisions related to the characters, settings, gameplay dynamics, and how these relate to basic arithmetic operations: addition, subtraction, multiplication, and division. We present below, an overview of the most relevant aspects of the GDD.

Game narrative. The game centers on the management of a magical golem workshop, where players act as apprentice wizards. Customers arrive at the workshop with requests for specific golems, requiring certain "skills" or mathematical "power" (represented by numbers). To fulfill these requests, players must magically combine and decompose golems and materials using the Combination and Decombination Zones. The goal is to create the correct golems to satisfy the customers and earn coins as rewards. The game progresses by days, with each day introducing new mechanics and arithmetic operations. As they progress, players unlock new areas and tools in the shop, expanding their crafting possibilities and facing more complex challenges. Endless Mode offers a continuous stream of random customers and requests, testing players' mathematical and resource management skills.

Inspiration from PotionCraft. Mágika Mate finds fundamental mechanical and gameplay inspiration in PotionCraft [3], with its focus on alchemy and potion-making through experimentation and ingredient manipulation. In particular, the idea of the Combine Zone and Decombine Zone as interactive spaces for combining and decomposing golems and materials reflects PotionCraft's core mechanic of mixing ingredients to create potions.

Receiving customer orders and needing to create specific golems to fulfill those orders also draws inspiration from PotionCraft's gameplay, where players must brew potions according to customer demands. This magical, artisanal atmosphere of PotionCraft informs the visual and audio tone of Mágika Mate, seeking to convey a similar sense of exploration, experimentation, and discovery in a magical world.

Player experience. The game seeks to offer an immersive educational experience where players learn arithmetic intuitively while having fun. Players enjoy an educational journey in a magical world, interacting with charming characters and solving mathematical challenges through the manipulation and combination of golems. The gameplay experience is designed to understand each specific concept in a fun and immersive way. Immediate feedback and rewards motivate players to continue learning and improving.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Game genre. Designed for single-player play, with puzzle and adventure elements, accessible and engaging for the target audience who want to understand the properties of basic arithmetic operations (primarily children between 5 and 7 years old). Similarly, the game aims to provide a balance between entertainment and education.

Development platform. We designed the game to run on PCs with a direct port to Android mobile devices. We used Godot Engine 4.3 [4] as our primary development tool. The graphics, user interface, sound, and selected and designed audio are all freely available.

Main mechanics. The main mechanics of the Mágika Mate prototype are directly related to its pedagogical objectives, which are to reinforce and practice knowledge of basic arithmetic operations. Table 1 presents a summary of the main mechanics.

Table 1. Main mechanics.

Mechanics	Operation	Purpose in the game
Combination Zone	Addition	Allows you to add the powers or values of pieces together to create golems that meet customer requirements or requests.
Decombination Zone	Subtraction	Allows you to subtract the power of overpowered golems brought in by some customers, reducing them to the desired power and saving the remaining pieces.
Crafting/Decrafting System	Addition and Subtraction	Core of the game; allows players to use their ingenuity and knowledge of arithmetic operations to meet customer demands and progress. Drives "day"-based progression and endless mode.
Customer and Order Systems	Contextualization of Operations	Provides direction, goals, and rewards to the player; contextualizes the need to use arithmetic operations in the game.
Inventory	Resource Management (Organization)	Storing parts and golems resulting from decombination or randomly summoned parts; introduces strategic resource management.
Coin Systems	Basic Economy (Accounting)	Reward for completing orders, as a scoring system; currency for summoning additional resources and unlocking content. Coins provide extrinsic motivation for the player to complete orders.

Secondary mechanics. These complement the gameplay experience and reinforce player progression. Table 2 presents a summary of the secondary mechanics that complement the overall gameplay experience.

Table 2. Secondary mechanics.

Mechanics	Purpose in the game	Player Experience
Alien Guides/Mentors (Tutorial Characters)	Provide information, tips, and interactive, contextualized tutorials; guide the player through game mechanics and concepts; offer direct pedagogical support.	Informative, accessible, and non-intrusive experience; feeling of having a friendly, trusted mentor; reduced frustration; self-paced learning.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Mechanics	Purpose in the game	Player Experience
Level Unlocking (Day-by-Day Progression)	Structure game progression; introduce mechanics and arithmetic operations gradually and thematically; guide learning step by step.	Smooth, progressive learning curve; sense of linear, structured progress; gradual exploration of mechanics; anticipation and curiosity about new daily content.
Rewards (Trophies and Badges)	Provide recognition and validation of long-term progress; maintain motivation and engagement beyond immediate rewards; encourage replayability and in-depth exploration.	Satisfaction of achievement; sense of collectibility and completion; Validation of effort and skill; intrinsic motivation and persistence; growth mindset.

Educational objectives. Students achieve educational objectives through interactions with the game's mechanics. The table 3 shows the mechanics and their relationship to the objectives.

Table 3. Educational objectives.

Mechanics	Educational objectives
Combination Zone	Reinforces addition. Players, by combining pieces, are implicitly adding the “values” or “powers” of those pieces to reach a specific total. Visually, they see this addition materializing in the creation of a new object (the golem). It helps the player understand that addition is an operation of “joining” or “putting together” elements to form a larger whole. It relates to the commutative and associative properties by allowing any combination of pieces to add up to the desired value, reinforcing the idea that the order of the addends does not alter the result.
Decombination Zone	Reinforces subtraction. By breaking down the golem and removing pieces, players are implicitly subtracting the “value” of those pieces from the total power of the original golem. Visually, they see subtraction as separating or eliminating components from an object. It helps the player understand that subtraction is an operation of “taking apart,” “taking away,” or “reducing” a whole to obtain a smaller part. The mechanic of saving leftover pieces also introduces an element of resource management that could be related to the concept of “difference” in subtraction (how much was removed and what remains).
Crafting/Decrafting System	This system as a whole is the primary vehicle for teaching and reinforcing addition and subtraction operations. By crafting and uncrafting to fulfill orders, the player is constantly applying arithmetic operations in a practical and contextualized way within the game world.
Customer and Order Systems	Customer orders contextualize arithmetic operations within the game by requiring the player to add or subtract “powers” to the golems. By presenting the requirements visually (a picture of the golem and a numerical “power”), customers clearly communicate the mathematical task the player must solve. The coin reward provides extrinsic motivation for the player to strive to solve the math problems and complete the orders. As the day progresses, customers will submit orders that focus on the math operation of the day.
Inventory	Although not directly linked to a specific arithmetic operation, inventory management introduces an important concept of resource management that is relevant in mathematics and everyday life. In a broader context, inventory management could be related to the idea of organization and classification,



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Mechanics	Educational objectives
	important skills in mathematics and in general. Inventory limits introduce an implicit optimization problem: how to store the greatest amount of useful resources in a limited space.
Coin Systems	They introduce a basic concept of economy and value. The player learns that work (completing mathematical orders) has a reward (coins) that can be used to acquire other resources. At a more basic level, the coin system reinforces bookkeeping and counting. The player is constantly counting coins earned and spent.
Alien Guides/Mentors (Tutorial Characters)	They are the pedagogical agents within the game, responsible for transmitting the knowledge and skills necessary to progress. They facilitate understanding of the game mechanics, which, in turn, represent arithmetic operations. They can reinforce key mathematical concepts through examples, analogies, or simplified explanations in dialogues. By offering on-demand help, they adapt to the player's individual learning pace. Dialogues can encourage reflection on mathematical properties (commutative, associative, distributive, etc.) through questions or practical examples.
Level Unlocking (Day-by-Day Progression)	By structuring the learning of arithmetic operations into themed days, the gradual understanding and progressive assimilation of each mathematical concept is facilitated. It reinforces the idea that learning is a step-by-step process. Infinite mode allows all operations to be practiced in combination, consolidating learning. It promotes long-term progress; maintains motivation and engagement beyond immediate rewards; and encourages replayability and in-depth exploration.
Rewards (Trophies and Badges)	It reinforces intrinsic motivation and persistence in learning.

The art of Mágika Mate. The game presents a colorful and friendly world with animated characters that reflect magic and educational adventure. The game's art reflects a magical and friendly world. The characters are expressive, the environments are full of detail, and each area has a visual aesthetic that complements its educational mechanics. The visual style is 2D with simple yet attractive graphics in a cartoon or pixel art style, focused on being accessible and understandable for children.

Characters. Mágika Mate is made up of a group of characters of interest: The Protagonist (or Player), who represents the mathematical apprentice/hero. They can walk, interact, and perform magic. There are also various mentors: addition wizard, subtraction wizard, multiplication wizard, and division wizard. Kingdom inhabitants such as merchants, builders, children, and so on. They can speak, interact, and perform everyday tasks. Finally, there are the Antagonists (optional): magical creatures that interfere with mathematical operations. They perform attack/interaction animations.

Props/Assets/Object. These are the collection of objects, tools that facilitate interactivity within the game's environments. These include mathematical elements (magic numbers and symbols, numbered tiles, fractional treasures); tools (magic wands, scrolls, ancient artifacts); decorative elements (flags, festive lights, banquet tables); and interactable elements (doors, chests, growing plants, objects that divide and combine).

Tilesets. These include the different sets or scenarios designed for the environment, consisting of: Kingdom Market, Enchanted Forest, Training Room, Magic Garden, Treasure Cave, and Kingdom Plaza.





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Kingdom Market: Consisting of a floor with various cobblestones and compacted earth; market stalls with wood for the stall structures and colorful awnings; decorative elements such as tables with merchandise (fruits, vegetables, utensils), crates, barrels, coins, and money bags; vegetation: potted plants, small trees, and bushes.

Enchanted Forest: It was decorated with a floor with various grasses, dirt paths, roots, and fallen leaves; trees and vegetation, trunks of large and small trees, branches, leaves, mushrooms, and magical flowers; special elements such as stones, rocks, small bodies of water (puddles, streams), and luminous or magical plants.

Training Room: Consisting of a set of elements such as a stone tile floor and carpets with magical patterns; various furniture (tables, wooden chairs, bookshelves, blackboards, and workbenches); decorative elements (scrolls, open books, mathematical instruments such as compasses and rulers, candlesticks, and lamps).

Magic Garden: Set on the ground with garden tiles, earth, and grass; Flowerbeds and Plants (flowerbeds of various shapes, magical plants and flowers in different stages of growth); Water features (fountains, ponds, and streams); decorations (statues, garden ornaments, floral arches, and trellises).

Treasure Cave: Similar to the previous ones, the floor is made up of stones, rocks, packed earth, and sandstone. Rocks, stalagmites, stalactites, and walls with inlaid gem details have also been added to the walls and ceilings. Among the inlaid treasure elements are open chests, closed chests, piles of coins, gems, and ancient artifacts.

Kingdom Square: In this setting, the floor features elements such as decorative paving stones and festive carpets; festive decorations (banners, garlands, banquet tables, fountains, and statues); and celebratory elements (fireworks, bonfires, platforms, and stages).

Generic tiles for interactions and minigames. Numbers, symbols, numbered tiles, and operation elements (addition and subtraction symbols). Interaction elements included switches, levers, doors, interactive chests, and moving platforms. You can see a demonstration of *Mágika Mate* on YouTube at: <https://www.youtube.com/@MMMCreativeProductions>.

2.2 Mágika Mate design

Visual elements. To create the game's sprites and visual elements, we used Paint Tool SAI 2 [5]; GIMP [6] to edit or create images, textures, and other graphic elements, Inkscape to generate and edit some vector graphic elements such as icons and parts of the user interface (UI).

Sound elements. Edited and processed using Audacity, which facilitated the creation of custom sound effects and the editing of audio tracks for the game's ambiance.

External resources.

Graphic Art: Sprites and tilesets provided by Kenney [7] used under a free-to-use license, which allows their use in both personal and commercial projects without mandatory attribution.

Sounds and Music: Sound effects obtained from freely available sound repositories, such as freesound.org and similar sites like streambeats.com. The specific licenses for each resource followed, attributing credit where necessary.

Design Patterns. We used several design patterns to ensure a flexible, scalable, and easy-to-maintain architecture. The main design patterns used are listed below, with some (but not all) mentions of the classes that implement them:



State Pattern: Used in the Minigame class to manage the different states of the minigame, such as StartedState, PausedState, and EndedState. This pattern allows the behavior of minigames to change dynamically based on their current state. Avoids complex conditions in state management and improves code clarity by allowing each state to manage its own rules.

Composition Pattern: The principle of composition is used instead of inheritance, and is applied to components such as TimerComponent, ScoreComponent, and HintComponent. Allows the creation of modular functionalities that can be added or removed according to the needs of each minigame, avoiding a rigid structure based on inheritance. It facilitates the extensibility and flexibility of minigames, allowing them to have additional functionality without affecting their basic structure.

Manager Pattern: The MinigameManager class acts as a centralized controller, managing the transition between minigames and the game state. It ensures that the game flow can be controlled efficiently, separating the transition logic between minigames from the internal logic of each minigame.

Observer Pattern: The ProblemGenerator and AnswerValidator classes emit signals (onProblemGenerated and onAnswerValidated) to allow the minigame to respond to events in a decoupled manner. It facilitates scalability of responsibilities, allowing the addition of new functionality without modifying existing code.

Factory Pattern: The ProblemGenerator follows the factory pattern to generate different types of arithmetic problems, such as addition and subtraction problems. Simplifies the creation of arithmetic problems and makes it easier to add new types of problems without altering the core logic of the minigame.

Strategy Pattern: Used in the AnswerValidator class, it allows answer validation to be handled differently depending on the type of mathematical operation (AdditionValidation, SubtractionValidation, etc.). It allows answer validation to be flexible and extensible, as each strategy handles its own validation logic.

Singleton Pattern: The dialog system, managed by Dialogic, is a singleton, as it centralizes dialogs and ensures their accessibility throughout the game. A single dialog system ensures consistency in the narrative and prevents the loss of state or data throughout the game.

3 Challenges and Solutions

In this section, some difficulties encountered during development and how to solve them are outlined.

3.1 Transition from isolated mini-games to cohesive game mechanics.

The initial concept of the prototype was based on the creation of a series of distinct mini-games, each specifically designed to address a particular arithmetic operation; however, in initial testing, the team realized that the gameplay experience was fragmented, lacking narrative cohesion and with a decreased sense of progression and persistent world. Then inspiration came from games like PotionCraft [3], which integrate crafting and resource management mechanics seamlessly with the game's theme, a transition towards a gameplay model focused on cohesive core mechanics was proposed.

3.2 Dialogue systems.

Faced with the challenge of where and how to implement dialogue, we choose a flexible architecture that would allow Dialogic 2 integrated into various Godot scenes while maintaining centralized control over the narrative flow. The focus was on creating a DialogueSystem node that acts as a central manager for dialogue, facilitating its activation and control from different parts of the game.



We implemented dialogue in the transition scenes between minigames, within minigames, in the HUD class to ensure it was always accessible, and in the main narrative and important scenes.

3.3 Implementing Parallax camera movement and navigation between zones.

We wanted a fluid and effective camera movement on game maps, using parallax-effect backgrounds to enhance the sense of depth and dynamism; however, complications arose when trying to implement a camera system that would allow the player to explore different areas of the map in an intuitive and visually coherent manner.

We decided to use the PhantomCamera2D add-on for Godot Engine (Phantom Camera Official Website [8]). This add-on provides advanced camera management features, both 2D and 3D, especially useful in our case of scenarios with parallax and multiple play zones. PhantomCamera2D allows you to define "ghosts" or predefined camera areas on the map, and configure smooth transitions between these areas.

Next, we show some game screens, specifically figure 1 showing the initial view of the Upper Zone, and showing the initial coin counter; figure 2 the initial dialogue with an alien guide character in the upper zone.



Fig. 1. Initial view of the Upper Zone, showing the initial coin counter



Fig. 2. Initial dialogue with an alien guide character in the upper zone

4 Testing and validation

We focused on ensuring the technical robustness, proper integration of game mechanics, and intrinsic playability of the prototype in its initial stages of development. It is important to note that, given the limitations of time and resources, we did not conduct formal validation testing with end users (students or educators) or educational impact studies, which we will conduct in future work.

Specifically, we conducted unit and isolated component testing as we developed the prototype, interactive and functional integration testing, informal playtesting, and qualitative feedback from members of the development team and from outsiders with experience in educational video games.

5 Conclusions

We created an educational Serious Game called Mágika Mate, which demonstrates the potential of these tools to improve learning in specific areas; in this case, basic arithmetic operations such as addition and subtraction.

The Mágika Mate prototype represents a functional and tangible implementation of applications that can contribute to improving teaching and learning, demonstrating the viability of using a playful and gamified approach to mathematics education, showing the transformative potential of Serious Games in mathematics



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

education, responding to the urgent need for innovative and engaging strategies to improve learning, especially in educational contexts at different educational levels and in various subjects, however mathematics is an important subject in Latin America and especially challenging in Venezuela.

Through the design and development of the prototype, we demonstrated the feasibility of integrating different cohesive and interdependent game mechanics to create a more motivating and interactive learning experience that is active and meaningful for students through gamification.

It is hoped that this work will inspire future research, development, and applications that will allow us to fully leverage the potential of Serious Games to democratize access to quality mathematics education, ignite a passion for mathematics in new generations, and build a future where all students have the opportunity to fully and meaningfully develop their mathematical skills.

6 References

1. NTN24, Estudio revela deficiencias en comprensión lectora y matemáticas en bachilleres venezolanos, 2023, available in: <https://www.ntn24.com/noticias-actualidad/estudio-revela-deficiencias-en-comprension-lectora-y-matematicas-en-bachilleres-venezolanos-459048>, last accessed 10/03/2024.
2. Hall, J. T. Develop games, 2023, available in: <https://develop.games/>, last accessed 11/12/2024.
3. Potion craft, Videojuego. tinyBuild, available in: <https://www.potioncraft.com/>, last accessed 01/05/2025.
4. Godot engine 4.3 documentation: GDScript reference, Godot Engine, 2024, available in: https://docs.godotengine.org/en/stable/tutorials/scripting/gdscript/_gdscript_basics.html, last accessed 02/03/2025.
5. Paint tool sai 2, Systemax, available in: <https://www.systemax.jp/en/sai/devdept.html>, las accessed 02/06/2025.
6. Gimp, GIMP, available in: <http://www.gimp.org.es/>, last accessed 02/08/2025.
7. Kenney, Game assets and tools, available in: <https://kenney.nl/>, last accessed 02/01/2025.
8. Phantom Camera – official website, available in: <https://phantom-camera.dev/>, last accessed 01/25/2025.



AI-Driven assessment monitoring and personalized feedback system for higher education

Sandy Iturra¹, Rodrigo Olivares¹, Marcela Fernández¹, Roberto Muñoz¹

¹ Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

sandy.iturra@uv.cl

Abstract. This work-in-progress paper proposes an automated system based on artificial intelligence for the continuous monitoring of student performance in higher education, providing personalized feedback and timely pedagogical interventions. The system integrates three components: (a) automatic collection of assessment data in real-time, (b) analysis through learning analytics to identify performance patterns, and (c) generation of personalized feedback using large language models. This architecture detects academic deficiencies early, enabling corrective actions while students can still improve their current performance. Students receive immediate feedback with personalized recommendations, while instructors obtain automated reports with pedagogical suggestions. The objective is to reduce failure rates in critical subjects, which is expected to positively impact timely graduation. Validation will be conducted through a pilot test in selected subjects within a specific institution, establishing protocols for large-scale implementation as a strategic tool to improve educational quality in higher education. As a work in progress, the system is currently in the design phase, with implementation and testing planned for the near stages.

Keywords: Artificial intelligence, Learning analytics, Personalized feedback.

1 Introduction

The landscape of higher education has significantly transformed, with a strong focus on improving student retention and success [1,2]. Nevertheless, critical courses with high failure rates continue to pose challenges, acting as bottlenecks in academic progression [3]. These foundational or prerequisite courses often determine a student's academic and career trajectory, deeply impacting overall educational outcomes [4].

Research has consistently documented the far-reaching consequences of high failure rates in critical courses. Academic failure generates institutional inefficiencies, such as increased operational costs, extended time-to-graduation, and reduced performance metrics [5]. This challenge is particularly evident in foundational courses, where high failure rates during the initial semesters and the sequential nature of learning make early academic struggles consequential for student progression [3,6].

Digital learning environments and the increased availability of educational data have enabled data-driven interventions through learning analytics (LA) [7] and advances in artificial intelligence, particularly large language models (LLMs) for personalized educational support [8]. However, most current systems remain reactive, identifying struggling students only after poor performance has already occurred [3]. While predictive analytics combined with personalized feedback can significantly improve outcomes when implemented at scale [1], existing systems have often been developed within specific cultural contexts and lack adaptation to Latin American higher education environments, where institutional characteristics, socio-economic factors, and resource constraints can differ markedly.

To address these limitations, this work proposes a comprehensive, culturally adapted system that integrates real-time performance monitoring with intelligent, automated feedback generation. Unlike intelligent tutoring systems, which primarily focus on delivering personalized content and adapting learning paths in real time at the individual level, the proposed system adopts a course-level approach aimed at early risk detection and large-scale pedagogical support. It also differs from adaptive learning systems that modify content sequences and



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

pathways, as our solution does not replace instructional planning but complements it through targeted alerts and actionable feedback. Furthermore, while it shares elements with traditional learning analytics strategies, this system innovatively integrates generative language models to provide personalized, contextually appropriate feedback for both students and instructors. This approach facilitates timely, practical interventions, empowering faculty without replacing their essential roles.

The document is structured as follows: Section II presents related work that supports the proposal; Section III describes the proposed methodology for system development; Section IV details the implementation and validation process; Section V presents expected results and project contributions; finally, Section VI provides conclusions and future work directions.

2 Related work

Personalized feedback addresses individual student needs by integrating cognitive and emotional dimensions, fostering active learning and metacognitive development [9]. Feedback literacy, defined as the ability to interpret and apply feedback effectively, underscores the importance of empowering learners to engage with feedback [10]. Meta-analyses emphasize specificity and informational richness as critical factors for feedback effectiveness, while also highlighting the need for context-appropriate approaches [11].

In parallel, learning analytics has emerged as a promising field, leveraging data to generate actionable insights for improving educational outcomes [7]. This enables early identification of at-risk students and supports personalized learning paths [4]. Implementations like the Open University Analyse platform have enhanced performance and retention using predictive analytics and dashboards [2], while data mining techniques have achieved up to 83% accuracy in predicting student failure [5]. However, current LMS monitoring tools often lack flexibility, limiting timely pedagogical responses [6].

Building on these advances, large language models (LLMs) such as ChatGPT represent a major leap in AI capabilities. These models, based on transformer architectures and trained on large text corpora, generate human-like language and perform complex tasks with high precision [8]. In education, LLMs support personalized learning, improve student interaction, and offer adaptive feedback that informs instructional practices [12]. A review of 83 studies shows their expansion beyond language learning into various disciplines, confirming versatility and scalability [13]. AI conversational agents incorporate affective and contextual elements, transforming interactions in educational contexts [14]. AI-powered tutoring systems also adapt to diverse learning styles and provide real-time data on performance and engagement [15], though concerns about accuracy, bias, and ethics persist.

Recent approaches integrating learning analytics with personalization tools have improved engagement and outcomes in university courses, especially for students with lower prior performance [16]. Systems like Lumilo, using smart glasses for live analytics, demonstrate how technology can support timely interventions without replacing educators' roles [17].

Despite these advances, integration between learning analytics and LLM-based feedback is lacking in critical higher education courses. Most systems have been developed in Anglo-Saxon contexts, limiting applicability in Latin America, where institutional and cultural dynamics differ. To address these gaps, this work proposes an integrated system combining learning analytics and LLM-based feedback, tailored to support critical courses in Latin American higher education and advance personalized educational support.





3 Methodology

The system is designed to address high failure rates in critical courses through intelligent data analysis, cultural contextualization, and automated feedback. Courses with failure rates above 25% in the past three years are prioritized using institutional records and a criticality index. A distinctive feature is the explicit adaptation to Latin American contexts, guided by Tinto's integration model and Bean and Eaton's persistence framework. Variables such as family expectations, institutional support, and socio-emotional readiness are integrated into the analytics module to enhance the relevance of feedback.

A quasi-experimental design with intervention and control groups will be implemented in two critical courses during one academic semester. Data collection will include quantitative metrics (grades, retention, attendance, LMS usage) and qualitative metrics (perceptions of feedback, satisfaction). Each group will comprise at least 60 students, and analyses will be conducted using t-tests, repeated measures ANOVA, and logistic regression. K-Means is employed for its effectiveness in identifying homogeneous performance groups and supporting timely pedagogical interventions, as demonstrated by Kardan and Sadeghi [18] in segmenting students for predictive decisionmaking in online education.

Biweekly feedback will focus on academic progress, engagement, and self-regulation, co-designed with educators to ensure ethical and contextually appropriate language. Templates will be adapted by discipline and risk profile. The system's impact on teaching practices will be evaluated through surveys, interviews, and LMS data. The architecture comprises modules for course identification, data structuring, analytics, automated LLM-based feedback, and dashboards. To operationalize the LLM module, concise prompt-engineering strategies are applied [19]. Bias mitigation is ensured through educator validation and filtering mechanisms, while Spanish adaptation guarantees contextual relevance.

The pedagogical quality of feedback will be assessed through two steps: (a) instructor review to ensure alignment with learning outcomes and (b) student surveys to evaluate clarity and usefulness. Ethical approval has been obtained from the University of Valparaíso. All data will be anonymized in compliance with Chilean Law No. 19,628. To address data scarcity, transfer learning and synthetic data generation will be applied, enabling horizontal scalability (integration of additional courses) and vertical scalability (incorporation of new functionalities).

4 Implementation, validation, and expected results

The system follows principles of scalability, modularity, and security. It integrates API connectors and ETL processes in the data layer; a microservices architecture with relational and NoSQL databases in the processing layer; ML algorithms and LLMs in the analysis layer; and a responsive web portal in the presentation layer.

Initial validation will be conducted in two critical courses at a Chilean university over one semester, with preand post-measurements, continuous monitoring, and mixed-method data collection. Instruments include diagnostic and satisfaction surveys, the Method Evaluation Model [20], and attendance tracking.

Fig. 1 summarizes the implementation and expected outcomes, showing the transition from low performance to improved results via AI-driven monitoring, pilot testing, and feedback. The projected reduction in failure rates (approx. 16.4%) is based on institutional benchmarks, where historical failure rates exceeded 35–50% [21]. A 20% increase in average grades and a 50% improvement in student satisfaction compared to traditional feedback approaches are anticipated.

The system is conceived as an innovative mechanism to enhance teaching practices through evidence-based decision-making, enabling instructors to adjust methodologies in real time without increasing workload. Supported by continuous analysis of student performance, its scalability-oriented design allows horizontal expansion to additional courses and vertical incorporation of new functionalities. Contextual adaptability



ensures effective implementation across disciplines and institutions, with predictive models tailored to specific educational settings.

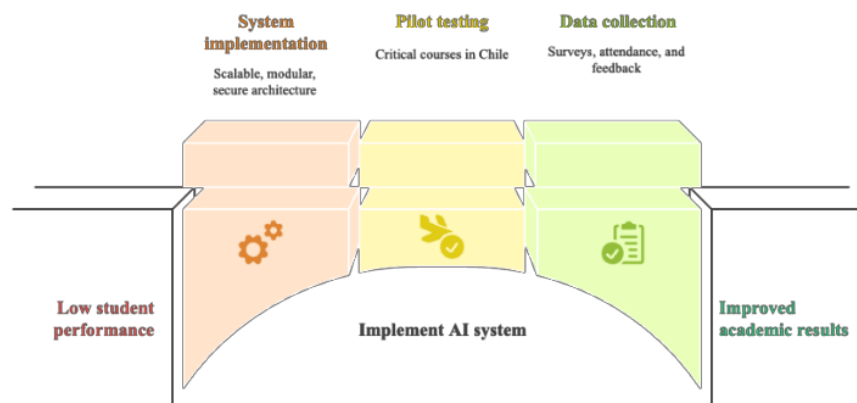


Fig. 1. Overview of the proposed system's implementation process, highlighting the transition from low student performance to improved academic results through AI-driven monitoring, pilot testing, and data-informed feedback.

5 Conclusions and future work

This work presents an intelligent system that combines learning analytics and large language models to address high failure rates in critical higher education courses. The system is designed to automatically collect assessment data, identify students with specific difficulties, generate personalized feedback, and provide instructors with actionable reports to inform teaching practices. While preliminary results suggest that addressing critical courses effectively requires integrated interventions that combine technological tools, pedagogical adjustments, and institutional support, further empirical validation is still needed. These findings suggest that large-scale educational personalization is feasible through strategic AI integration, enabling support for large cohorts of students without compromising feedback quality, provided it is grounded in human-machine collaboration where technology augments rather than replaces teaching.

Future work will expand the system to additional courses to validate its effectiveness in broader contexts and incorporate multimedia capabilities for visual and audiovisual content, particularly valuable in graphic-intensive courses. The system will also evolve with continuous learning mechanisms to refine predictions and feedback over time. Longitudinal studies will examine impacts on graduation rates, student satisfaction, and academic progression, while standardized protocols will facilitate replication across institutions and contexts.

6 References

1. Herodotou, C., Rienties, B., Boroowa, A., Zdrahal, Z., Hlosta, M.: A large-scale implementation of predictive learning analytics in higher education: the teachers' role and perspective. *Educational Technology Research and Development* 67(5), 1273–1306 (2019).
2. Herodotou, C., Rienties, B., Hlosta, M., Boroowa, A., Mangafa, C., Zdrahal, Z.: The scalable implementation of predictive learning analytics at a distance learning university: insights from a longitudinal case study. *The Internet and Higher Education* 45, 100725 (2020).
3. Bravo, M., Salvo, A., Muñoz, C., Basso, C.: Perfiles de desempeño académico: la importancia de las expectativas familiares. *Perfiles Latinoamericanos* 28(55), 177–201 (2020).
4. Ifenthaler, D., Yau, J.Y.: Utilising learning analytics to support study success in higher education: a systematic review. *Educational Technology Research and Development* 68(4),



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

1961–1990 (2020).

5. Alyahyan, E., Düşteğör, D.: Predicting academic success in higher education: literature review and best practices. *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 17(1), 1–21 (2020).

6. Costa, L.A., Sanches, L.M.P., Amorim, R.J.R., Salvador, L.N., Souza, M.V.S.: Monitoring academic performance based on learning analytics and ontology: a systematic review. *Informatics in Education* 19(3), 361–397 (2020).

7. Society for Learning Analytics Research (SoLAR): What is Learning Analytics?

<https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>, last accessed 2025/07/15.

8. Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U.: ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences* 103, 102274 (2023).

9. Molloy, E., Boud, D., Henderson, M.: Developing a learning-centred framework for feedback literacy. *Assessment & Evaluation in Higher Education* 45(4), 527–540 (2020).

10. Carless, D., Boud, D.: The development of student feedback literacy: enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education* 43(8), 1315–1325 (2018).

11. Wisniewski, B., Zierer, K., Hattie, J.: The power of feedback revisited: a meta-analysis of educational feedback research. *Frontiers in Psychology* 10, 3087 (2020).

12. Baidoo-Anu, D., Owusu Ansah, L.: Education in the era of generative artificial intelligence (AI). *Journal of AI* 7(1), 52–62 (2023).

13. Shi, H., Aryadoust, V.: A systematic review of AI-based automated written feedback research. *ReCALL* 36(2), 187–209 (2024).

14. Kusal, S., et al.: AI-based conversational agents: a scoping review. *IEEE Access* 10, 92337–92361 (2022).

15. Lin, C.-C., Huang, A.Y.Q., Lu, O.H.T.: Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education. *Smart Learning Environments* 10(41), 1–22 (2023).

16. Pardo, A., Jovanovic, K., Dawson, S., Gašević, D., Mirriahi, N.: Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback. *British Journal of Educational Technology* 50(1), 128–138 (2019).

17. Holstein, K., McLaren, B.M., Aleven, V.: Co-designing a real-time classroom orchestration tool to support teacher–AI complementarity. *Journal of Learning Analytics* 6(2), 27–52 (2019).

18. A. A. Kardan and H. Sadeghi, “Prediction of student course selection in online higher education using K-Means clustering,” *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 5, pp. 5841–5847, May 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2010.11.020.

19. P. Liu, W. Yuan, J. Fu, Z. Jiang, H. Hayashi, and G. Neubig, “Pre-train, Prompt, and Predict: A Systematic Survey of Prompting Methods in Natural Language Processing,” *ACM Computing Surveys*

20. Moody, D.L.: The Method Evaluation Model: a theoretical model for validating information systems design methods. In: *Proceedings of the 11th European Conference on Information Systems (ECIS 2003)*, Naples, Italy, pp. 1–17 (2003).

21. Universidad de Valparaíso: Internal Academic Performance Report 2022–2024. UV Institutional Repository (2025).



Designing Tools to Assess Environmental Perception Among Basic Education Students: usability evaluation

Romero-Miranda, N. M., ¹[0000-0003-1890-4182], Martínez-Guevara, N., ²[0000-0002-6833-0562], Reyes-Flores, A., ³[0000-0003-0733-8453],

Olivera-Mendez, A., ¹[0000-0002-3144-6553] and Peredo-Rivera, E., ¹[0000-0003-4028-8283]

¹ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, S.L.P., 78620. México

² Centro de Investigación en Matemáticas Aplicadas. Unidad Saltillo. Saltillo, Coahuila, 25280, México.

³Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México

niels.martinez@audec.edu.mx

Abstract. Environmental education plays a crucial role in fostering ecological awareness and pro-environmental behaviors among younger generations. However, in rural and underserved communities, traditional assessment tools are often inadequate for evaluating children's perceptions and emotional responses to environmental issues. This paper presents the design, implementation, and usability evaluation of an innovative software tool tailored to assess environmental perceptions in primary school students aged 9 to 12. The tool was developed using Python and the Django framework, featuring a minimalist and structured user interface to align with the cognitive and emotional development of the target population. To validate its functionality and usability, the System Usability Scale (SUS) was administered to 30 students from both public and private schools. The system achieved an average SUS score of 72.6, exceeding the standard usability threshold and indicating a generally positive user experience. Analysis of the results highlighted the influence of individual and contextual factors on usability outcomes, such as prior exposure to technology. The findings suggest that the proposed tool not only provides an effective mechanism for capturing environmental perceptions but also serves as an engaging resource for environmental education. Future work will focus on scaling the system for broader deployment and integrating adaptive features to accommodate diverse user needs.

Keywords: Environmental education, Software design, Rural communities, User experience.

1 Introduction

Environmental problems are growing exponentially these days. Although there have been many efforts to encourage environmental education globally, its implementation has yet to reach rural communities, especially in developing countries. Promoting environmental education in children requires the need to understand how they perceive environmental problems in their communities. Therefore, a needs assessment is essential for designing effective strategies. Using new technologies can be an effective alternative to assess the children's context and perceptions whilst motivating the children. From 6 to 11 or 12 years, the outside world becomes important, in a stage where they try to demonstrate their learning and skills, as well as develop fundamental elements of technology and cultural appropriation, all to meet the demands of the society to which they seek to be long [11]. Specifically, from age 9 onward, children complete the development of concrete thinking, which allows them to understand, organize, classify, solve problems, and respect rules. Their perception of the environment becomes more refined, recognizing context through observation and interpretation of what they see, with the goal of giving it meaning.

Perception involves a process of recognition through the senses, where attitudes and negative or positive emotions that humans have towards the peculiarities of the environment intervene [3,12]. Specifically, visual perception occurs through the sense of sight and involves the mental organization and interpretation of visual sensory information to achieve awareness and understanding of the environment [10,13]. This perception can develop environmental awareness, which can influence children's emotional responses to environmental issues [16].

An important part in developing and implementing the software is a usability evaluation, focusing on the effectiveness, efficiency and satisfaction with which users can use the tool and obtain the desired information

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





[9]. This paper will focus on the usability of the software designed to assess environmental perceptions by the basic education students it was designed for using the System Usability Scale.

2 Related Work

The development of this software addresses the need for innovative diagnostic tools capable of accurately and contextually assessing environmental perception among primary school students, particularly in areas where access to traditional educational assessment methods is limited. Experiences that foster emotional connections between children and their natural surroundings can be pivotal for cultivating ecological awareness and long-term environmental commitment [5,7]. Recent studies further support the notion that affective bonds with nature, established during childhood, serve as an effective pathway to encourage pro-environmental behaviors in adulthood [4].

The literature emphasizes the importance of integrating the emotional dimension into environmental education strategies, not only for its formative value but also as a predictive indicator of future pro-environmental actions [6,15]. From this perspective, the proposed software enables the recording of both the emotions perceived by children when observing environmental scenes and their response latency to such stimuli. This integration of emotional and technological components aligns with recent findings underscoring the value of incorporating children's voices and experiences directly into the design of educational tools. For instance, actively involving children in the design process can lead to solutions that better align with their perceptual and cognitive realities [19].

In contrast to conventional assessment methods—such as surveys or interviews—that often prove inadequate due to the high level of abstraction they require, this tool proposes an interactive approach tailored to the cognitive development of children aged 9 to 12. By combining accessible technology with visual representations, the software serves not only an evaluative purpose but also functions as an emotion-mediated environmental awareness resource, thereby broadening its applicability across both formal and informal educational contexts.

3 Methodology

The design of the software tool followed the general stages of the software development process. The work was structured into four main phases: analysis, design, implementation, and testing. The activities carried out at each stage are described in the following sections.

3.1 Analysis

In the analysis phase, relevant information regarding the educational context, user profiles, and project objectives was gathered. To conduct thorough analysis, two preliminary experiments were carried out involving 15 children who shared the same characteristics as the target population for this project. That these participants were excluded from the subsequent usability evaluation phase to avoid potential bias, as their prior involvement and exposure to specific design elements could influence their perceptions and responses. In the first pilot, visual stimuli (images) were presented via projector, and participants manually recorded their emotional responses in paper logbooks (Fig. 1). In the second experimental phase, conducted prior to the software design, audiovisual stimuli (videos) were used while maintaining the same manual recording method.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional



Fig. 17. Image corresponding to the pilot tests.

These preliminary studies revealed significant insights into the operational limitations of the analog approach. The technological and infrastructural constraints present in the facilities hinder the proper presentation and visualization of multimedia content. This limitation is reflected in the number of unanswered items and significantly increases students' disengagement, as a systematic bias was identified in the participants' responses. Several children tended to select options repetitively or randomly, without demonstrating a consistent association with the presented stimuli.

These methodological shortcomings underscored the necessity of designing an automated system capable of controlling stimulus exposure times, sequencing permitted user actions, preventing premature responses, and accurately recording both the selected emotional response and the associated decision latency. Additionally, it was essential to reduce human error in manual data collection and improve overall data quality. Based on this analysis, four fundamental design principles were established for the new instrument:

1. Alignment with the cognitive and emotional development of children aged 9 to 12 years.
2. Automation of data recording and logical sequencing of stimuli and responses.
3. Effortless capture of additional metrics such as response times.
4. Optimization of the user experience through an intuitive, structured, and distraction-free digital environment.

These principles guided the conceptual design of the software, ensuring a more robust and efficient solution informed by the lessons learned from the pilot studies.

3.2 Design

Based on the insights obtained from the analysis phase, the conceptual design of the tool was developed, organizing the content and structuring the user interfaces to ensure usability and appropriateness for a child audience. The software was implemented in two major stages:

- Sociodemographic Data Collection: This first stage focuses on designing a clear and efficient interface for capturing the sociodemographic data of the study population.
- Environmental Perception Assessment: This second stage involved the design and interaction of the interface dedicated to collecting data related to environmental impact. This stage was conceptualized as a “journey,” with the aim of allowing students to experience a sensory voyage that stimulates their perceptions and facilitates engagement with scenes related to environmental issues.

The software design was carefully adapted to meet the cognitive, emotional, and technological needs of children aged 9 to 12 years. During the data collection stages, multiple-choice menus were adopted to facilitate user interaction and ensure the integrity of the captured data. This approach minimized the need for keyboard input, which significantly improved response times in completing this section. For the “journey” component, a

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022



minimalist aesthetic and linear navigation were implemented to avoid unnecessary distractions and visual overload [18]. This decision aligns with studies indicating that interfaces with excessive stimuli—such as bright colors, animations, or sounds—can interfere with concentration and increase cognitive load [2], thereby reducing the effectiveness of the tool in capturing children’s perceptions.

To support user onboarding, an initial tutorial was incorporated, enabling children to familiarize themselves with the software’s purpose. This feature was critical in reducing uncertainty, facilitating comprehension of instructions, and ensuring an adequate understanding of the interaction dynamics [17]. For recording the emotions experienced by participants, textual labels presented as buttons (e.g., “sadness,” “joy,” “anger,” “fear,” “surprise,” “disgust”) were used. The use of emojis, illustrations, or other visual representations was deliberately avoided, as these tended to generate ambiguity or confusion among the children. This design choice is supported by the literature, which suggests that verbal labels promote greater accuracy in emotional identification, whereas icons can lead to ambiguous interpretations [8, 15]. Moreover, text-based labels enhance emotional comprehension among populations with varying levels of digital literacy and facilitate standardized data analysis.



Fig. 2. Functionality of the journey module.

In the “journey” section, video content was presented sequentially (see Fig. 2). Each video was accompanied by an instructional prompt (“click to play the video”), which disappeared once the action was performed. Only upon video completion were the emotional selection buttons displayed, followed by a resting image for 15 seconds before transitioning to the next video. This structure promotes sustained attention by preventing children from anticipating responses or being distracted by prematurely visible elements [14].

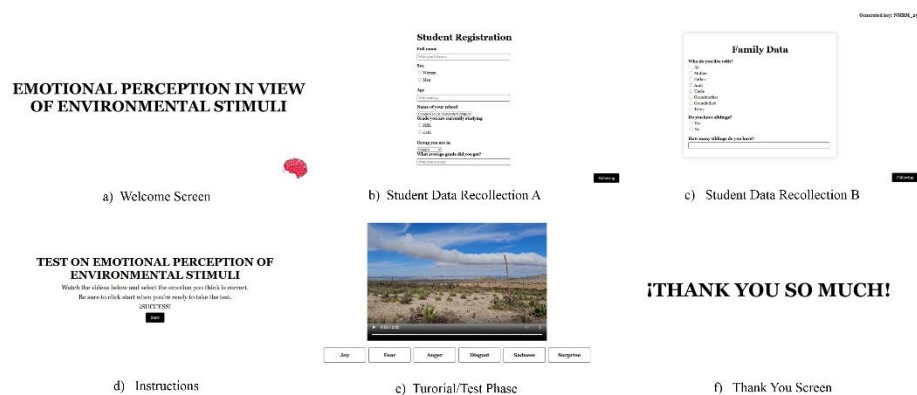


Fig. 3. Overview of the software’s general behavior.

After designing these two major stages, a prototype was developed to integrate the software’s overall functionality, resulting in a cohesive interaction flow (see Fig. 3). The main screens are integrated into the system as follows:

- **Welcome Screen** (Fig. 3a): The initial screen displaying the software’s name, serving as a visual introduction to the system.



- **Student Data Recollection** (Fig. 3b and Fig. 3c): One form designed to capture sociodemographic and educational information about the student, and another for registering basic information about the student's immediate family.
- **Instructions** (Fig. 3d): A screen providing clear and concise guidance to orient the user before initiating the test phase.
- **Tutorial** (Fig. 3e): An interactive space where four preliminary stimuli are presented to familiarize the user with the system dynamics, labeled as Pre-Journey instructions. It includes a screen offering clear and concise instructions to prepare the user for the main journey phase.
- **Journey** (Fig. 3e): The primary interface where 15 main stimuli are presented in random order. In this stage, the system automatically records both emotional responses and reaction times.
- **Thank You Screen** (Fig. 3f): Displayed upon completion of the interaction, expressing gratitude to the user for their participation.

These interfaces ensure a structured, linear, and comprehensible navigation flow, thereby providing an appropriate and user-friendly experience for the system's intended audience.

3.3 Implementation

After evaluating multiple prototype proposals, the implementation stage involved developing the tool using the Python programming language in conjunction with the Django framework. This approach was chosen to enable deployment flexibility, allowing the system to operate either on a server or locally, depending on the availability of devices within the participating institutions. Django is based on the Model–View–Template (MVT) architectural pattern, which differs from the traditional Model–View–Controller (MVC) pattern commonly used in other development frameworks (e.g., Spring MVC in Java). In MVT, the Model manages data and database interactions, the View handles business logic and request processing, and the Template defines the presentation layer.

On the frontend, HTML was employed to define the content structure, CSS for visual presentation, and JavaScript to incorporate interactive elements into the user interface.

For data storage, the initial implementation utilized CSV files, with multiple functions enabling reliable data writing operations. Additionally, cookie-based mechanisms were integrated to consolidate user information and enhance session performance.

Regarding software architecture, the system was built following a modular approach in which each functional section: student registration, family data collection, testing phase, journey phase, and thank-you screen was independently structured. These modules were interconnected through Django's internal routing system. Furthermore, specific functions were implemented to validate input fields (e.g., age, grading), generate unique user keys, and record response times, ensuring detailed control over the system's functionality.

3.4 Testing

The testing phase aimed to validate both the functionality and usability of the tool, taking into account the cognitive and contextual characteristics of primary school students. The evaluation process was structured into two stages:

- User interaction with the software and assessment of stimuli
- Application of a test of the System Usability Scale (SUS) questionnaire

A total of 30 primary school students from two educational institutions (one public and one private) participated in the study. Prior to the implementation, informed consent was obtained from the head of each



institution, along with signed consent forms from the parents or legal guardians of all participants, authorizing the voluntary participation of the minors. Once all consent forms had been verified, the evaluation was conducted.

In the private school, students participated individually in a closed office space, ensuring a controlled, confidential, and distraction-free environment. The evaluation in this setting was carried out over three consecutive days. In the public school, conditions varied: on the first day, due to logistical constraints, the evaluation took place in an open area, which exposed participants to external stimuli. However, on the second day, access to a closed classroom was secured, allowing the activity to proceed in a more suitable environment, isolated from noise and other potential interferences.

Student interaction with the software was facilitated using a laptop equipped with an AMD A6-9225 processor (2.60 GHz), 8 GB of RAM and a wired mouse. The same hardware setup was employed for all participants to ensure consistency across sessions.

4 Results

The usability evaluation was conducted using the System Usability Scale (SUS), which yielded an average score of 72.6 on a 0–100 scale. This result exceeds the commonly accepted threshold of 68 points, typically considered the benchmark for good usability. According to international standards [1], a score of 72.6 indicates “good usability”, suggesting that the system was perceived as functional and user-friendly by the majority of participants. In terms of distribution, 30% of users obtained scores between 60 and 70, while 10% scored below 60, indicating potential challenges in their user experience. In contrast, 23.33% achieved scores in the 70–80 range, and 20% scored between 80 and 90. Notably, 16.67% of participants scored above 90 points, reflecting highly positive user experiences (see Fig. 4).

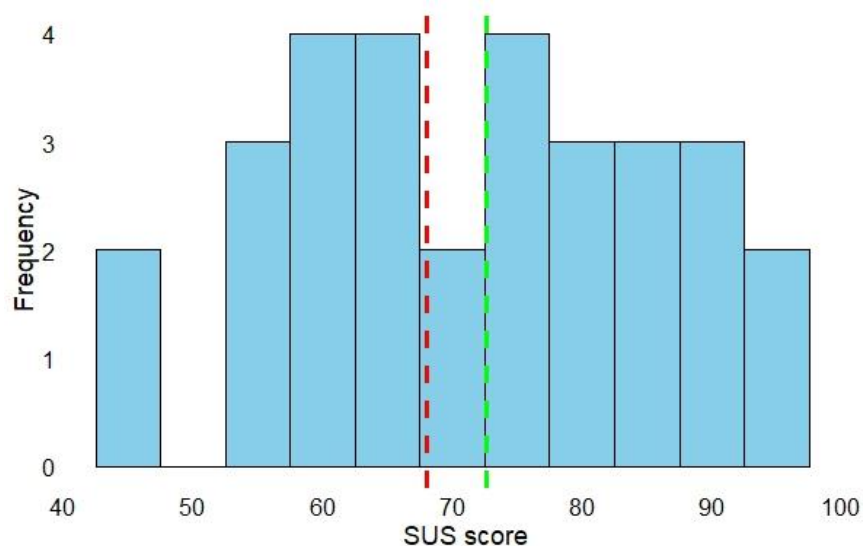


Fig. 4. SUS score distribution.

5 Discussion

Several factors were identified as contributing to these variations. These include language barriers (e.g., one foreign participant), unspecified special needs, time constraints due to upcoming school recess (which impacted user focus), as well as technical limitations or a lack of familiarity with computers. It is worth noting that the



lowest scores were observed among users from the private school, although in the public school there was a higher proportion of participants with no prior experience using computers.

Conversely, the highest scores were achieved by users who, despite having no previous computer experience, demonstrated a positive attitude, focus, and adaptability to the digital environment. Interestingly, these elevated scores were primarily concentrated among public school participants, suggesting that the type of school is not the primary determinant. Instead, individual and contextual factors such as user disposition, task comprehension, and the testing environment appear to play a more significant role.

Although the system was overall evaluated favorably, these findings highlight the importance of considering individual and contextual differences in future implementations. It is also noteworthy that 80.9% of participants successfully operated the system using a mouse, while 19.1%—all from the public school and experiencing a computer for the first time—required additional guidance.

Another relevant aspect is the potential integration of the tool into formal educational curricula. Recent studies emphasize that digital interventions in environmental education become more effective when aligned with pedagogical frameworks and classroom practices [16, 19]. By linking the tool to curriculum objectives, its adoption can be facilitated by teachers and its long-term impact on learning outcomes strengthened.

6 Conclusions

In this study, we presented the design, implementation, and usability evaluation of an innovative software tool developed to assess environmental perceptions among primary school students. The system was specifically designed to address the cognitive and emotional needs of children aged 9 to 12, integrating accessible technologies with an intuitive user interface adapted to their technological literacy and developmental stage.

The usability assessment, conducted using the System Usability Scale (SUS), resulted in an average score of 72.6, exceeding the established threshold for good usability. These findings suggest that the system was widely perceived as functional, efficient, and user-friendly by the majority of participants, despite varying levels of prior experience with digital technologies. Importantly, the results highlight the influence of individual and contextual factors—such as user attitudes, familiarity with technology, and testing conditions—on the overall user experience.

This work underscores the potential of combining emotional and technological dimensions to create effective tools for environmental education, particularly in contexts where traditional assessment methods are inadequate. Future research should consider scaling the tool for broader deployment and incorporating interfaces and hardware more familiar to children, such as tablets and smartphones. These devices have proven more intuitive for this demographic, as many participants lacked prior experience with desktop computers, which was evident in their difficulty using a wired mouse during testing.

The development of such tools is valuable for administering assessments on complex issues like environmental sustainability, even in the presence of infrastructural and hardware constraints typical of rural communities. Implementing these mechanisms can help identify localized environmental problems—such as pollution in students' immediate surroundings—while fostering awareness of how to improve these conditions. Additionally, these tools can support teachers in designing dynamic strategies and educational activities aimed at achieving environmental and pedagogical goals.

Future work should focus on broadening deployment in diverse schools, adapting the software to user-friendly devices such as tablets and smartphones, and conducting longitudinal evaluations to examine long-term impacts on learning and behavior. Additionally, integrating the tool with pedagogical frameworks and policy guidelines, as suggested by recent literature, will enhance its sustainability and educational value.



7 References

1. Bangor, A., Kortum, P.T., Miller, J.T.: An empirical evaluation of the system usability scale. *Intl. Journal of Human-Computer Interaction* 24(6), 574–594 (2008).
2. Carraher Wolverton, C., Guidry Hollier, B.N.: A minimalist design for distance learning. *International Journal of Educational Management* 33(7), 1457–1465 (2019).
3. Casa-Coila, M.D.: Percepciones sobre contaminación ambiental y su relación con las actitudes ambientales de los estudiantes de la Escuela Profesional de Educación Secundaria UNA Puno, 2019. Ph.D. thesis, Universidad Nacional del Altiplano de Puno (2020).
4. Chawla, L.: Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature* 2(3), 619–642 (2020).
5. Cohen, S.: Promoting ecological awareness in children. *Childhood Education* 68(5), 258–260 (1992).
6. Cohen, S., Horm-Wingerd, D.: Children and the environment: Ecological awareness among preschool children. *Environment and Behavior* 25(1), 103–120 (1993).
7. Corraliza, J.A., Collado, S.: Conciencia ecológica y experiencia ambiental en la infancia= ecological awareness and children's environmental experience. Tech. rep. (2019).
8. Darejeh, A., Singh, D.: A review on user interface design principles to increase software usability for users with less computer literacy. *Journal of Computer Science* 9(11), 1443 (2013).
9. Dillon, A.: The evaluation of software usability. London: Taylor and Francis (2001).
10. Ernst, J., Monroe, M.: The effects of environment-based education on students' critical thinking skills and disposition toward critical thinking. *Environmental Education Research* 10(4), 507–522 (2004).
11. Faas, A.: Psicología del desarrollo de la niñez. Editorial Brujas (2021).
12. Fernández Moreno, Y.: ¿por qué estudiar las percepciones ambientales?: Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en áreas naturales protegidas. *Espiral (Guadalajara)* 15(43), 179–202 (2008).
13. Galindo, E.J.: Neurobiología de la percepción visual. Editado Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia, 1 edn. (2016).
14. Markopoulos, P., Bekker, T.: On the assessment of usability testing methods for children. *Interacting with Computers* 15(2), 227–243 (2003).
15. Mauss, I.B., Robinson, M.D.: Measures of emotion: A review. *Cognition and emotion* 23(2), 209–237 (2009).
16. Mokhele-Ramulumo, M., Adekola, O.A., Phala, T.: Exploring children's emotional responses to pollution: Implications for environmental education. *Journal of Early Childhood Education Research* 14(1), 28–46 (2025).
17. Nam, H.: Designing user experiences for children. UX design, May 17 (2010).
18. Sani, S.M., Shokooh, Y.K.: Minimalism in designing user interface of commercial websites based on gestalt visual perception laws (case study of three top brands in technology scope). In: 2016 second international conference on web research (icwr). pp. 115–124. IEEE (2016).
19. Vieira, S., Alexandre, I., Cardoso, E.: The child in charge: The case of child participatory design of an environmental sustainability serious game. In: Proceedings of the 21st Annual ACM Interaction Design and Children Conference. pp. 485–491 (2022).



Immersive Environments and the Teaching of History. The University City of Caracas Project.

Ana Morales Bezeira¹[0000-0001-5482-0512], Jesús Eloy Gutiérrez²[0009-0009-3364-1895] and
Antonio Silva Sprock¹[0000-0002-9911-4774]

¹ Universidad Central de Venezuela, Escuela de Computación, Caracas, Venezuela
{ana.moralesbezeira,asilva.sprock}@gmail.com

² Universidad Central de Venezuela, Escuela de Historia, Caracas, Venezuela jesuseloy26@gmail.com

Abstract. The University City of Caracas (CUC) is a product of revolutionary urban planning and the unique architectural concepts that inform its buildings and art. A prototype of a historical tour is projected through a Virtual and Immersive Environment (VIE) of the legacy of Carlos Raúl Villanueva in the CUC, supported by historical and documentary research that allows for greater heritage recognition of the Venezuelan works of art, architecture, and urbanism from the mid-20th century as part of the modernization process that Venezuelan society experienced. This will enable, through a VIE, diverse educational experiences that foster a more in-depth understanding of the CUC, an architectural infrastructure designated a World Heritage Site by UNESCO.

Keywords: University City of Caracas Project, Virtual and Immersive Environment (VIE), Immersive Reality.

1 Introduction

The 1940s marked a pivotal decade for Venezuela. On the world stage, the Second World War was unfolding, and the entry of the United States into it implied a significant economic role for the country through oil exploitation. Thus, at the end of 1942, President Isaías Medina Angarita announced a new oil policy that would allow the government to obtain greater economic benefits from oil activity. Such policies guided the country through the beginnings of the transformation and modernization of the State and society.

Among the social transformations linked to the economic turnaround of the 1940s, the university reform promoted by Medina Angarita is of utmost importance for this research. One of its first measures was the acquisition of the Ibarra estate to build the University City of Caracas (CUC), and to this end, the creation of the Autonomous Institute of the University City. Between 1941 and 1945, 11% of the nation's budget was allocated to the construction of educational infrastructure [1].

Likewise, in the Latin American sphere since the mid-twentieth century, a trend has emerged around the modernization of universities, and Venezuela was no exception, where "(...) close links were defined between infrastructure, territory, landscape, politics and society" [2]. Thus, the concept of University City is presented as an environment of higher education in an area isolated from the urban center that concentrates academic, administrative, and sports functions and, in some cases, even its habitation, revolving around the idea of the Functional City.

In keeping with the pace of the 21st century, it is a fact that Information and Communication Technologies have disrupted our daily lives from many perspectives. The incorporation of significant technological advances in fields such as history not only facilitates its study but also serves as a supporting tool in the teaching-learning process. In this sense, the use of immersive, virtual, and augmented reality technologies is being widely used worldwide to reinforce and support educational processes, representing dynamic, interactive, and engaging tools for both students and teachers.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

In 2001, the University City of Caracas was internationally recognized as a clear example of modern architecture of the mid-twentieth century in Venezuela, making it worthy of being recognized by the World Heritage Committee of the United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO). The then Director General of the organization, Mr. Koïchiro Matsuura, justified the decision by saying: "(...) the University City is a masterpiece of urban planning, architecture and art, as well as an outstanding example of coherent realization of the artistic, architectural and urban ideals of the early twentieth century" [3].

In this sense, this project proposes the development of a Virtual and Immersive Environment (AVI) in the historical-architectural and cultural context, on the project of the construction of the University City of Caracas, both to support the teaching-learning processes in subjects of the School of History and the School of Architecture and Urbanism of the Central University of Venezuela (UCV), as well as for the massive dissemination of its history, and the strengthening and preservation of the UC Vista Collective Memory.

Likewise, this work is directly related to a pilot project currently underway entitled "University City: Art, Architecture and History. In the Footsteps of Carlos Raúl Villanueva: Plan for the Development of a Virtual Immersion Environment to Discover the Importance of the University City as an Educational-Cultural and Heritage Center," sponsored and funded by the Ministry of Popular Power for Science and Technology (MINCYT) through the Scientific and Humanistic Development Council of the UCV (CDCH-UCV).

2 Related Works

Virtual reality-based educational projects are diverse and are a trend that is becoming increasingly important in the educational field. An important example of this type of initiative can be found in the Kai XR platform [4], through which users can take part in interesting educational experiences in the field of history, such as visiting the pyramids of Egypt.

Likewise, the group of French start-up developers called Histoverly [5], created Histopad to facilitate visits in augmented reality to places of historical and cultural interest, "The Histopad of Chambord is equipped with a geolocation system and allows viewing 19 rooms of the castle entirely reconstructed in 3D and visitable at 360° along with more than 150 pieces of furniture, art objects and decoration" [6].

In 2019, the Immersive Room of the IDEAL Digital Arts Center was created and inaugurated in Barcelona, Spain [7]. IDEAL is a digital culture center with unique technological equipment in Spain that experiments with immersion through audiovisual projections, augmented reality, virtual reality, and holography to create a new relationship between art and society.

Palace of Fine Arts, Mexico created virtual tours that include an aerial view of the building, excellent for admiring its architecture, views of the murals, its terraces, dome, and even a view of the mechanical areas of the National Theater, both the aerial and floor mechanics [8]. In 2023, Matías Olabe et. al created a virtual space, accompanied by gamified dynamics, to strengthen the understanding and retention of historical content through the immersion provided by virtual reality [9].

Regarding the CUC, for the first time in 1974, Granados Valdez published the book "Guía, Obras de Arte de la Ciudad Universitaria de Caracas" [10], to guide those who visit the University City and also those who participate in the active life of this house of studies. In 1991, Gasparini published the book "Obras de Arte de la Ciudad Universitaria de Caracas" [11], which represents an improved version of the one published by Granados V., and aims to present, as a catalogue, the graphic and documentary material that could serve as a reference for the study of the works of art of the UCV.

On the technological front, the Faculty of Architecture and Urban Planning has created the Architecture and City Foundation portal, the official site of FAU-UCV Editions, where documents, articles, and journals related to the CUC project have been published. This space "has the fundamental objective of supporting the generation

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

and dissemination of knowledge in the fields of architecture, urban planning, (...) and related areas, as well as the preservation of Venezuelan historical heritage" [12].

In 2014, the Informative and Dissemination Portal of the Artistic Heritage of the University City of Caracas (CUC) was developed. Module: Virtual Tour of the Covered Plaza of the Rectorate and Works of the Synthesis of the Major Arts, whose main objective was to massively disseminate the diversity of works of art existing in the architectural space of the CUC, and to create the sense of belonging and appropriation necessary to guarantee the conservation and protection of the artistic heritage [13].

Also, in 2014 MACUC (CUC Mobile Art Collection) was developed, which allows the recognition and display of information on the smartphone or tablet of the user interested in knowing the works of art that are in the CUC, being incorporated in this pilot project the works of art located in the Covered Plaza of the Rectorate and the Faculty of Sciences of the UCV [14].

As can be seen in most of the available works, the focus is visualizing, disseminating, and raising awareness about the works of art on the university campus, from a purely architectural perspective, but not from an educational or historical perspective. Thus, this proposal seeks to integrate technology, history, architecture, art, and education into a single product, resulting in an educational and informative AVI.

Furthermore, the project articulates various areas of knowledge, such as Architecture and Urbanism, History, technologies for the development of Virtual Immersive Spaces, Augmented Reality and Extended Reality, EducationDissemination, and Collective Awareness by fostering the elements that allow the creation and preservation of Collective Memory.

3 Methodology

For the development of the project, an Ad-Hoc method will be used, which will be combined with the design-based method that, according to Guisasola [15], aims at teaching subjects with innovative resources; simultaneously, a constant treatment of traditionalist teaching strategies is encouraged.

This method will execute a set of interrelated phases according to the interacting disciplines in the project (History-Architecture-Computer Science). These phases will interrelate documentary research with fieldwork that will allow for historical reconstruction and tracking of the construction project of "The University City of Caracas", with the capture, management, and digital processing of the buildings designed by Carlos Raúl Villanueva, and the works of art on the university campus, to then proceed to the design and construction of the immersive virtual space and the application of the dissemination of the results.

Low and medium-cost, accessible and high-precision technological tools will be used, following international standards for heritage documentation, and widely used free and open source technologies in the construction of AVIs that combine the use of augmented reality and extended reality.

Open-source technologies, such as the Mozilla Hub Foundation [16], Frame VR [17], and the Pannellum library [18], will be utilized to develop the AVI. These technologies enable the creation of extended reality and panoramic viewers based on JavaScript, WebGL, CSS3, and HTML5. ReactJS will also be used to create an application comprised of components that allow for future scalability. 3D objects will be managed and embedded using ThreeJS.

Regarding the backend, the NodeJS framework will be used to develop the AVI logic, based on components and database models. The collection of historical documents, photographic records, and newspapers, properly classified and structured, will be managed with an open source relational database developed in PostgreSQL.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Various AIs will be used for content creation (ElevenLabs [19], Fliki AI [20]), and 3D objects will be used for Meshy AI [21]. An Insta360 camera will be used for the immersive 360 shots, and editing software provided by Insta360 Studios [22] will be used. Leonardo AI will be used for image creation and generation if required. Tinyjpg [22] and Handbrake [23] will be used to reduce image size and make it easier for users to download content. Finally, Docker will be used for AVI deployment and virtualization.

Roughly speaking, the defined phases are: historical-documentary research in historical archives, newspaper archives and the FAU-UCV library, information gathering and determination of spaces (this includes reviews with COPRED), classification and documentation of buildings and works, digital treatment of buildings and works (Photographs and 360 videos), design and construction of the prototype of the pilot AVI of the University City, dissemination of results and activities for awareness and preservation of the Collective Memory, both in the UCV community and to the general public.

3.1. Research Objectives.

The development of the immersive pilot project for the University City of Caracas historical-architectural project pursues the following objectives: to conduct historical documentary research. This will focus on the historical-social-political-economic context of mid-20th-century Venezuela, on architectural trends in the world of progressive and modern University Cities, on architectural and artistic buildings from Carlos Raúl Villanueva's CUC project, as well as on Venezuelan society at the time. To document and inventory the artistic works that were part of the CUC project.

Photograph and scan documents, designs, and prototypes related to Carlos Raúl Villanueva's CUC project. Produce videos and 360° videos of the buildings and artworks at the University Campus. Design the prototype for the CUC's Immersive Virtual Space. Develop immersive navigation spaces in the pilot buildings and artworks.

Promote the preservation of Collective Memory among the university community and the general public, promoting and disseminating the historical, artistic, and architectural value of the University Campus through immersive tours.

3.2. Expected Impact.

The development of the immersive pilot aims to have an AVI that allows access and intelligent immersive tours of the CUC's architectural spaces, as a tool for training, teaching, and preserving the Collective Historical Memory of the legacy of Carlos Raúl Villanueva.

This web-based AVI is also expected to facilitate the dissemination, dissemination, and collective awareness of the history, art, and culture of the CUC. It is hoped that it will contribute to strengthening historical research and historical-documentary research techniques, which, when integrated and articulated with virtual, immersive, augmented, and extended reality access and navigation technologies, will support pre-service teachers at the School of History and the School of Architecture and Urban Planning at the UCV in using these technologies in their teaching-learning processes for students.

4 Conclusions

This work proposes the use of an Ad-Hoc method of interrelated disciplines (HistoryArchitecture-Computer Science), which intertwined with the design-based method, allows through the combination of technologies for the development of Immersive Virtual Environments, 360o photography and video, immersion technologies, historical-documentary research, and field work, to historically reconstruct the avantgarde and modern





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

construction project of "The University City of Caracas", legacy of the architect Carlos Raúl Villanueva, and artistic and cultural heritage of humanity.

The proposed development is expected to serve as a support for the teaching/learning process in the area of 20th Century Venezuelan History and History of Modern Venezuelan Architecture, laying the foundations for future research and development that incorporates innovation in training processes at all educational levels.

Likewise, this development is expected to have a highly positive impact on the activities planned to raise awareness and preserve the Collective Memory of the entire community that lives within the spaces of the university campus, as well as society in general.

5 References

1. Caballero, M.: Historia de los Venezolanos en el siglo XX. Edit. Alfa, Caracas (2010).
2. Fiorito, M.: Universidades y Campus: arquitecturas para la educación superior en argentina (1956-1971). Cuadernos de Historia del Arte, 28(3), 257-298, (2017).
3. UNESCO, Matsuura, K: Remarks by Mr. Koïchiro Matsuura, Director-General of UNESCO, on the occasion of the unveiling of the commemorative plaque commemorating the declaration of the University City of Caracas as a World Heritage Site. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000121833>, last access 2025/07/01
4. Kai XR, <https://www.kaixr.com/>, last access 2025/07/14
5. Histoverly, <https://histoverly.com/en>, last access 2025/07/01
6. Argemí, A.: La tableta que hace viajar en el tiempo. El País, 2016/07/26, https://elpais.com/elpais/2016/07/26/alterconsumismo/1469514300_146951.html, last access 2025/07/10
7. IDEAL Centre D'arts Digitals, <https://idealbarcelona.com/es/ideal/>, last access 2025/07/14
8. Museum of the Palacio de Bellas Artes, <https://inba.gob.mx/sitios/recorridosvirtuales/palacio-de-bellas-artes/web/>, last access 2025/07/10
9. Matías J., Gorotiza, B., Severino, A. y Tenorio D.: Realidad Virtual con Gamificación para Fortalecer la Enseñanza Aprendizaje en la Asignatura de Historia. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(5), 8516-8543, (2023). https://doi.org/10.37811/cl_rm.v7i5.8429
10. Granados, A.: Guía, Obras de Arte de la Ciudad Universitaria de Caracas. Comisión de Conservación de las Obras de Arte de la CUC. Caracas, Venezuela (1974).
11. Gasparini, M.: Obras de Arte de la Ciudad Universitaria de Caracas. Ediciones de la UCV, Caracas, Venezuela (1991).
12. Fundación Arquitectura y Ciudad, <https://fundaayc.com>, last access 2025/07/14
13. Carballo Barrera, Y., Palacios M., Gutiérrez, J. y Chacón B.: Preservación y Divulgación Patrimonial de la UCV: portal "El arte en la Ciudad Universitaria de Caracas". III Scientific and Technological Symposium on Computing, Caracas, Venezuela, (2014).
14. Cruz Yoris, A., Carballo Barrera, Y. y Palacios A.: MACUC: aplicación para el reconocimiento de obras De arte: la Ciudad Universitaria de Caracas en tu Dispositivo móvil. LXIV Annual Convention of AsoVAC, Venezuelan Association for the Advancement of Science, Cumaná, Venezuela (2014).
15. Guisasola, J., Ametller, J. y Zuza, K.: Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias, Eureka 18(1), (2021). <http://reuredc.uca.es>, last access 2025/07/01
16. Hubs, <https://docs.hubsfoundation.org/welcome.html>, last access 2025/08/20
17. Frame, <https://learn.framevr.io/>, last access 2025/08/20
18. Pannellum: Panorama Viewer for the Web, <https://pannellum.org/>, last access 2025/08/20
19. II Eleven Labs: <https://elevenlabs.io/es>, last access 2025/08/20
20. AI video generator, <https://flicki.ai/>, last access 2025/08/20
21. Smart WebP, JPEG and PNG compression, <https://tinyjpg.com/>, last access 2025/08/20
22. Insta360 Studios, <https://www.insta360.com/es/>, <https://www.insta360.com/es/>





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

23. Open source video transcoder, <https://handbrake.fr/>, last access 2025/08/20
24. Models 3D generator, <https://www.meshy.ai>, last access 2025/08/20





Unplugged Artificial Intelligence as a Strategy for Disseminating Educational Content in Remote and Unconnected Areas

Carlos Vinícius Rasch Alves¹[0009-0002-9051-8788] and Tiago Thompsen Primo²[000-0003-3870-097X]

¹ Universidade Católica de Pelotas, Pelotas RS 96015-560, BRAZIL

² Universidade Federal de Pelotas, Pelotas RS 96010-610, BRAZIL

carlos.vinicius@ucpel.edu.br, tiago.primo@inf.ufpel.edu.br

Abstract. This article presents an approach based on Unplugged Artificial Intelligence (AI Unplugged) aimed at disseminating educational content in remote and unconnected areas. The proposed solution leverages single-board computers, such as Raspberry Pi and Arduino microcontrollers, equipped with local storage and the ability to run embedded AI models. A key feature of the system is the capability to update content through peer-to-peer synchronization between nearby devices or via occasional connections to internet access points. This research discusses the technical feasibility of the solution, presents a system architecture model, and evaluates the educational and social impacts on isolated communities.

Keywords: Educational Technology, Offline Artificial Intelligence, Remote Learning Access.

1 Introdução

A exclusão digital é uma realidade persistente em diferentes partes do mundo, especialmente em regiões remotas e de difícil acesso. Comunidades ribeirinhas, zonas rurais de baixa densidade populacional e áreas indígenas enfrentam restrições severas quanto ao acesso a recursos educacionais digitais devido à ausência de infraestrutura de conectividade [1]. Esse cenário limita não apenas o acesso à informação, mas também o desenvolvimento de competências digitais essenciais para o século XXI.

Essa exclusão digital agrava desigualdades sociais já existentes e está diretamente ligada à exclusão social, uma vez que o acesso limitado à internet compromete o exercício pleno da cidadania, o acesso a oportunidades educacionais, de emprego e de participação política. De acordo com dados da pesquisa TIC Domicílios 2023, realizada pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), cerca de 30% da população rural ainda não possui acesso à internet, e entre os domicílios das classes D e E, mais de 40% não têm acesso adequado à rede [2].

Outras pesquisas já exploram estratégias similares com o uso de inteligência artificial desplugada para promover o acesso à educação em comunidades remotas, como projetos que integram kits de aprendizagem offline com assistentes educacionais baseados em IA, ambientes simulados ou sistemas de recomendação adaptativa [3, 4]. Essas abordagens vêm demonstrando resultados promissores na superação de barreiras estruturais e no apoio à aprendizagem personalizada em contextos de vulnerabilidade digital.

Diante desse contexto, a pesquisa propõe uma solução baseada na utilização de dispositivos de computação de placa única equipados com recursos de Inteligência Artificial Desplugada. Esses dispositivos têm como principal característica a capacidade de operar de forma autônoma, sem a necessidade de conexão contínua à internet, utilizando algoritmos de aprendizado e interação local com o usuário. O objetivo central é garantir que conteúdos educacionais relevantes possam ser acessados, consumidos e atualizados mesmo em ambientes onde a conectividade é intermitente ou inexistente.

Para melhor organização e compreensão, este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 descreve a arquitetura da solução proposta; a Seção 4 detalha a metodologia



empregada; a Seção 5 discute os resultados obtidos; e a Seção 6 traz as considerações finais. Ao final, são apresentadas as referências utilizadas ao longo do trabalho.

2 Fundamentação Teórica

O conceito de Inteligência Artificial Desplugada [5,6,7] tem ganhado destaque em pesquisas recentes como alternativa viável para contextos de baixa infraestrutura. Segundo [8], a adoção de modelos de aprendizado de máquina em dispositivos de baixo consumo energético, como os baseados em TinyML [9], tem possibilitado a execução de tarefas de processamento de linguagem natural, reconhecimento de fala e análise de texto de forma totalmente offline.

Além disso, a literatura sobre Tecnologias da Informação e Comunicação para o Desenvolvimento (ICT4D) reforça a importância de soluções tecnológicas adaptadas à realidade de comunidades marginalizadas. [10] destaca que a utilização de equipamentos de baixo custo, como Single-board Computers (SBCs), associados a estratégias de distribuição de conteúdo por contato físico entre dispositivos, pode representar uma alternativa viável para reduzir as desigualdades de acesso à informação.

Apesar dos avanços apresentados na literatura, muitas abordagens ainda se concentram em soluções fragmentadas ou altamente dependentes de configurações específicas de hardware e software, o que limita sua escalabilidade e aplicabilidade em contextos extremamente adversos. Além disso, iniciativas que exploram IA desplugada e dispositivos de baixo custo nem sempre priorizam a atualização contínua e autônoma de conteúdos educacionais relevantes, fator essencial para a eficácia de intervenções de longo prazo em comunidades desconectadas. Nesse sentido, a presente pesquisa propõe uma solução integrada, baseada na utilização de dispositivos de computação de placa única equipados com recursos de Inteligência Artificial Desplugada. Com capacidade de operar de forma autônoma e interagir localmente com o usuário, esses dispositivos são projetados para garantir o acesso, o consumo e a atualização de conteúdos educacionais, mesmo em ambientes com conectividade intermitente ou inexistente, superando limitações observadas em abordagens anteriores.

3 Arquitetura da Solução Proposta

A arquitetura proposta fundamenta-se na integração de hardware de baixo custo com software otimizado para operação offline. Os computadores de placa única selecionados para este projeto incluem modelos da família Raspberry Pi e placas baseadas em diferentes modelos de Arduinos com capacidade de armazenamento e processamento local. Esses dispositivos são configurados com sistemas operacionais minimalistas e frameworks leves de Inteligência Artificial, como TensorFlow Lite e PyTorch Mobile.

O sistema é composto por três módulos principais: o primeiro é o motor de Inteligência Artificial local, responsável por realizar tarefas de reconhecimento de fala, compreensão de comandos e interação com o usuário por meio de interfaces de voz ou texto. O segundo módulo é o gerenciador de conteúdos educacionais, estruturado para fornecer acesso a vídeos, textos, exercícios e recursos multimídia de forma local, com possibilidade de customização de acordo com o currículo da comunidade atendida. O terceiro módulo refere-se ao sistema de sincronização e atualização, que permite a troca de dados entre dispositivos por meio de tecnologias de comunicação de curto alcance, como Wi-Fi Direct e Bluetooth Low Energy.

Essa arquitetura (Fig. 1) permite que os dispositivos realizem atualizações incrementais de seus conteúdos sempre que encontram outro dispositivo que possua uma versão mais recente das informações. Além disso, quando conectados a um ponto de internet, os equipamentos acessam um servidor centralizado para realizar download de novos conteúdos, garantindo a atualização contínua da base de dados educacional.

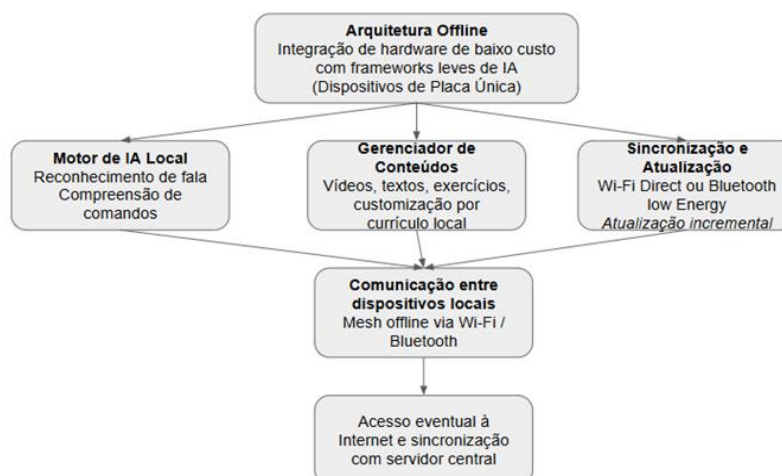


Fig. 18. O diagram demonstra a arquitetura do projeto.

4 Cenário Experimental

O desenvolvimento da solução está sendo conduzido seguindo uma abordagem exploratória e aplicada. A primeira fase envolve um levantamento detalhado das principais limitações técnicas das comunidades-alvo. Para isso, serão utilizados questionários estruturados e entrevistas semiestruturadas com moradores, lideranças comunitárias e professores locais, a fim de coletar dados sobre a infraestrutura disponível, como acesso à energia elétrica, conectividade à internet e condições físicas das escolas. Especificamente sobre os níveis de alfabetização digital, será aplicada uma avaliação diagnóstica prática com tarefas básicas, como ligar um dispositivo, navegar por menus e acessar conteúdos multimídia, permitindo classificar os usuários segundo níveis pré-definidos de letramento digital (iniciante, intermediário, avançado). Também será feito uso de observação direta em oficinas piloto para complementar a análise qualitativa e identificar barreiras não verbalizadas.

Após esse mapeamento, serão definidas as especificações técnicas dos dispositivos, priorizando soluções com alta autonomia energética, bom desempenho de processamento local e capacidade adequada de armazenamento para conteúdos educacionais offline. Serão implementados protótipos utilizando placas Raspberry Pi e Arduino (ou equivalentes), com modelos de aprendizado de máquina embarcados e um ambiente simplificado de gerenciamento de conteúdos educacionais.

O plano de testes prevê três frentes principais: (1) testes de usabilidade, com a participação de professores e alunos em simulações de uso real para avaliar a interface, navegabilidade e facilidade de interação com comandos de voz; (2) testes de desempenho de hardware, incluindo simulações com diferentes níveis de carga — como múltiplos acessos simultâneos, sobrecarga de leitura/escrita no armazenamento e operação em ambientes com variação de energia; e (3) testes de desempenho dos modelos de IA embarcados, focando no tempo de resposta, acurácia no reconhecimento de fala e estabilidade do sistema frente a comandos diversos e sotaques regionais.

As métricas de avaliação incluem: taxa de reconhecimento de fala correta pela IA embarcada, tempo médio de carregamento de conteúdos multimídia, tempo de resposta do sistema a interações do usuário, porcentagem de falhas ou travamentos em simulações de carga, e nível de engajamento dos alunos, medido por meio de observação direta e questionários de percepção aplicados aos docentes. Para a avaliação pedagógica, serão considerados indicadores como participação dos alunos nas atividades propostas, retenção de informações em atividades gamificadas e autonomia no uso do dispositivo após sessões de familiarização.



Em relação às limitações já identificadas, o projeto contempla estratégias específicas para mitigá-las. Para a questão da manutenção, será desenvolvido um manual de manutenção simplificado e ilustrado, com instruções para procedimentos básicos como troca de cartão SD, reinicialização e diagnósticos visuais de falhas. Também se prevê a capacitação de agentes locais como técnicos comunitários de primeiro nível. Para o desafio da capacitação docente, serão elaborados módulos de formação continuada, com videoaulas curtas, guias de uso prático e sessões de apoio remoto. Esses recursos serão adaptados ao nível de familiaridade dos professores com tecnologias digitais, garantindo maior acessibilidade e efetividade na adoção da ferramenta.

5 Considerações Finais

A proposta de implementação de uma solução baseada em Inteligência Artificial Desplugada, utilizando computadores de placa única, representa uma estratégia inovadora e de baixo custo para promover o acesso à educação em regiões remotas e com restrições de conectividade. O objetivo é possibilitar a disseminação de conteúdos educacionais por meio de dispositivos que operam offline, com modelos de IA embarcados e capacidade de atualização local entre equipamentos, ampliando as possibilidades de aprendizagem em contextos de exclusão digital.

Atualmente, o projeto encontra-se em fase de desenvolvimento e validação do protótipo, com foco na integração dos módulos de IA local, gerenciamento de conteúdos e sincronização entre dispositivos. Estão sendo realizados levantamentos sobre as limitações técnicas das comunidades-alvo, bem como testes iniciais para medir desempenho, estabilidade, consumo energético e viabilidade operacional da solução proposta.

Além de seu caráter tecnológico, a solução visa gerar impacto social e educacional significativo ao contribuir para a superação da exclusão social por meio do acesso autônomo a conteúdos educacionais de qualidade. Espera-se que a ferramenta também favoreça o engajamento dos alunos, especialmente em atividades interativas baseadas em jogos e tutoriais por voz, promovendo maior participação no processo de aprendizagem.

Como trabalhos futuros, pretende-se desenvolver um framework replicável que possa ser utilizado em larga escala, adaptável a diferentes realidades geográficas e culturais. Também está prevista a integração de sensores adicionais para monitoramento de uso e coleta de dados educacionais, respeitando os princípios de privacidade e ética. A continuidade da pesquisa contemplará a otimização dos modelos de IA embarcados, visando maior eficiência energética e a ampliação das funcionalidades voltadas ao usuário final. Além disso, esses desdobramentos futuros buscarão mitigar limitações já identificadas, como a necessidade de manutenção periódica dos dispositivos e a capacitação docente, por meio da criação de manuais simplificados, formações continuadas e estratégias de suporte técnico local.

6 Referências

1. de Azevedo, Daniela Malta, Glaucya Teixeira Cavalcanti, and Maria Pricila Miranda dos Santos. "EXPLORANDO A EDUCAÇÃO REMOTA NO EMPREGO DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS NO COTIDIANO PROFISSIONAL DE EDUCADORES (AS)." Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação 10.5: 2800-2806 (2024).
2. COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL (CGI.br). Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2023. São Paulo: CGI.br, 2024. Disponível em: <https://cetic.br/pt/pesquisa/domicilios/>. Acesso em: 9 jul. 2025.
3. Isotani, Seiji, et al. "Aied unplugged: Leapfrogging the digital divide to reach the underserved." International Conference on Artificial Intelligence in Education. Cham: Springer Nature Switzerland, (2023).
4. Monteiro Santos, Mateus, et al. "Near Feasibility, Distant Practicality: Empirical Analysis of Deploying and Using LLMs on Resource-Constrained Smartphones." Proceedings of the 13th International Conference on Information & Communication Technologies and Development. (2024).
5. Lindner, Annabel, Stefan Seegerer, and Ralf Romeike. "Unplugged Activities in the Context of AI." Informatics in Schools. New Ideas in School Informatics: 12th International Conference on Informatics in Schools: Situation,



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- Evolution, and Perspectives, ISSEP 2019, Larnaca, Cyprus, November 18–20, 2019, Proceedings 12. Springer International Publishing, (2019).
6. KOSTER, ANDREW ; Zilse, Renata ; Primo, Tiago ; Oliveira, Állysson ; Souza, Marcos ; Azevedo, Daniela ; Maciel, Francimar ; KOCH, FERNANDO . Towards a Digital Teaching Platform in Brazil: Findings from UX Experiments. Lecture Notes in Computer Science. 1ed.: Springer International Publishing, v. , p. 685-694, (2016).
 7. KOSTER, ANDREW ; PRIMO, Tiago ; KOCH, FERNANDO ; OLIVEIRA, ALLYSSON; CHUNG, HYUNKWON . Towards an Educator-Centred Digital Teaching Platform: The Ground Conditions for a Data-Driven Approach. In: 2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Hualien. 2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies. p. 74 (2015).
 8. O'Reilly, M., & Heaton, V. TinyML para Educação Off-line: Modelos de IA para Ambientes Sem Conectividade. Journal of Rural ICT, 18(2), 45-59 (2024).
 9. Medeiros, Morsinaldo, et al. "Avaliação de Algoritmos de Compressão de Séries Temporais Multivariadas com TinyML em Dispositivos Embarcados." Workshop de Computação Urbana (CoUrb). SBC, (2025).
 10. Silva, J. Implantação de SBCs em Comunidades Ribeirinhas no Brasil: Uma Análise de Acessibilidade e Sustentabilidade. Revista Brasileira de EdTech, 12(3), 101-118 (2023).





(Not) another MOOC for learning computer programming with Python

Julián Moreno^{1,3}[0000-0001-5765-9947] María Clara Gómez¹[0000-0002-4355-2978] and Fernando Ceballos^{2,3}[0000-0001-5787-8832]

¹ Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

² Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

³ Institución Universitaria Digital de Antioquia, Medellín, Colombia
jmoreno1@unal.edu.co, mcgomez@unal.edu.co, fceball@udea.edu.co

Abstract. This paper presents an exploratory study of a new online course designed to teach introductory programming in Spanish with a strong emphasis on algorithmic thinking and rigorous formative assessment. The course is compared with several well-known MOOCs from Coursera. Through qualitative content analysis, the study examines instructional structure and assessment strategies across these offerings. The findings highlight both shared patterns and significant gaps in pedagogical depth, contextual relevance, and the promotion of logical reasoning. The study argues for a more intentional design of programming MOOCs that are not only open and massive, but also culturally situated, cognitively demanding, and pedagogically grounded.

Keywords: MOOC, Python, Assessment, Problem-solving, Algorithmic thinking.

1 Introduction

In today's increasingly digital world, learning computer programming has become a fundamental skill for students in both pre-university and university contexts. Beyond its practical applications in fields such as engineering, data science, and artificial intelligence, programming fosters computational thinking, logical reasoning, and problem-solving abilities that are essential across disciplines. As educational systems strive to prepare learners for technologically complex futures, the accessibility and quality of programming instruction have become urgent priorities.

Over the past decade or two, Massive Open Online Courses (MOOCs) have played a key role in expanding access to computer programming education. Platforms such as Coursera or edX have enabled millions of learners worldwide to study Python—widely regarded as an ideal first programming language due to its readability and versatility. These courses typically offer structured video lessons, interactive coding environments, and formative assessments. While their reach and convenience are undeniable, concerns remain about the pedagogical depth and contextual fit of many of these offerings—particularly for novice learners in non-English-speaking regions.

This paper presents a new MOOC designed to teach introductory programming with Python, developed specifically to address some limitations found in existing MOOCs. First, the course is entirely in Spanish, aiming to serve learners in Latin America and other Spanish-speaking regions who often face linguistic and cultural barriers in predominantly English-language resources. Second, it places a strong emphasis on programming logic and algorithmic thinking, rather than limiting instruction to syntax and basic code construction. Third, the course integrates an assessment approach based on competitive programming format in which learners must first analyze and design solutions to computational problems, verify their correctness, and only then implement and submit their code. This structured approach is intended to foster deeper conceptual understanding and greater autonomy in the problem-solving process.

Rather than merely introducing another course into an already crowded field, this study takes a comparative and exploratory approach. Through a content analysis, made “by hand”, we contrast the proposed course with



a sample of existing MOOCs, examining aspects such as pedagogical focus, instructional structure, types and depth of assessment, language of instruction, and enrollment.

By highlighting both the shared characteristics and the distinctive features of current MOOCs, this study contributes to the broader discourse on online programming education. It raises critical questions about how these courses can better serve diverse learner populations—not only by being massive and open, but also by being pedagogically robust, context-sensitive, and inclusive. In doing so, we aim to offer insights for educators, course designers, and institutions interested in improving access to meaningful programming education across linguistic and cultural boundaries.

The rest of the paper is organized as follows: Section 2 briefly presents the theoretical and conceptual framework that underpins this work; Section 3 describes the methodology used for the course comparison, while Section 4 includes the results obtained. At last, Section 5 presents the conclusions and future work derived from this research.

2 Theoretical and conceptual framework

The design and analysis of programming MOOCs are situated at the intersection of theories of learning, cognitive development, and digital pedagogy. This section briefly discusses two main strands of theory that inform both the development of the proposed course and the comparative analysis: constructivist learning theory and MOOC instructional models.

2.1 Constructivist Learning Theory

Constructivist learning theory, as articulated by Jean Piaget [1][2], posits that knowledge is not transmitted from teacher to student but rather actively constructed by the learner through interaction with their environment. In this view, learning occurs as individuals assimilate new experiences into existing mental models or accommodate their models to account for new information. Programming education, in particular, aligns well with this theory, as it demands the iterative building, testing, and refining of abstract representations in response to concrete problem-solving tasks.

Building on Piaget, Seymour Papert [3] introduced the concept of constructionism, a theory closely related to constructivism but emphasizing the role of creating external artifacts—such as programs, simulations, or interactive systems—as a means of internalizing and structuring knowledge. According to Papert, “learning is most effective when part of an activity the learner experiences as constructing a meaningful product.” In this sense, programming offers a highly generative environment for learning: every algorithm or script written by the learner is both a manifestation of internal thought and a medium for reflection and refinement.

In the context of MOOCs, however, constructivist principles are often difficult to implement at scale. Many online courses default to transmission-based pedagogies, relying on video lectures, pre-structured exercises, and automated feedback mechanisms. While these tools enable mass delivery, they can neglect the active cognitive work necessary for deep understanding—particularly for novice learners who may not have strong self-regulatory strategies.

The MOOC proposed in this study was intentionally designed to align with constructivist and constructionist principles. Rather than starting with syntax or predefined code templates, learners finish each module by analyzing real-world problems, articulating algorithmic strategies and iteratively refining their approaches until they achieve a successful submission. This emphasis on problem framing, algorithmic modeling, and conceptual validation prior to implementation supports the learner’s construction of mental models and strengthens their capacity to transfer those models to new programming contexts.



2.2 MOOCs

Since their popularization around 2011, Massive Open Online Courses (MOOCs) have been heralded as a democratizing force in education, offering free or low-cost access to high-quality learning materials to global audiences. However, the pedagogical models underpinning MOOCs have evolved along divergent paths, giving rise to distinct types with varying implications for teaching and learning—particularly in fields such as programming.

Two broad categories are often used to describe these models: xMOOCs and cMOOCs [4]. xMOOCs, which dominate platforms such as Coursera and edX, adopt a traditional, instructor-centered approach that mimics the structure of formal courses. They typically include pre-recorded lectures, quizzes, auto-graded assignments, and standardized progression through a syllabus. While scalable and efficient, this model has been criticized for reproducing transmission-based pedagogy that offers limited support for active knowledge construction, collaboration, or reflective thinking.

cMOOCs, in contrast, are rooted in connectivism theories of learning, emphasizing learner autonomy, peer interaction, and the co-creation of knowledge. These courses are often less structured, rely on open web tools (blogs, wikis, forums), and encourage participants to navigate their own learning paths. While cMOOCs offer potential for deeper engagement and self-directed learning, they often pose challenges for novices who lack prior experience or motivation, especially in cognitively demanding domains like computer science.

In practice, many programming MOOCs adopt an xMOOC format, driven by concerns about scale, content control, and automatic assessment. However, this model tends to emphasize code correctness over conceptual understanding, often reducing the learning experience to watching lectures and completing short exercises with immediate feedback. While effective for some learners, especially those with prior exposure to computing, this approach often fails to support the development of algorithmic thinking and problem-solving skills, which require sustained engagement and guided practice.

Recent research in computing education has highlighted the importance of interactive, problem-based, and iterative learning environments for supporting novice programmers [5][6][7]. Yet few MOOCs operationalize these findings into their instructional design. Many courses offer a sequence of increasingly difficult problems but lack scaffolding mechanisms to help learners navigate abstraction, debug reasoning errors, or reflect on their strategies. As a result, MOOCs often privilege those who already possess a certain level of disciplinary fluency or self-regulatory skill.

The MOOC analyzed in this study proposes a hybrid pedagogical model, drawing selectively from both traditions. It retains the structure and broad accessibility of xMOOCs but integrates constructivist and problem-based learning principles more common in cMOOCs and classroom-based instruction. This hybrid model seeks to reconcile scalability with depth, allowing learners to engage meaningfully with programming as a cognitive and creative activity, not just as a set of commands to master. It also foregrounds linguistic and contextual inclusivity by offering the course entirely in Spanish and incorporating culturally relevant problems, thus addressing one of the persistent limitations of mainstream programming MOOCs.

3 Methodology

This study adopts an exploratory and comparative approach to analyze the pedagogical characteristics of a newly designed MOOC for teaching introductory computer programming with Python. The purpose of the study is twofold: (1) to document and characterize the instructional design of the proposed course, and (2) to contrast it with a selected sample of existing MOOCs that cover similar content, in order to identify pedagogical patterns, gaps, and distinctive features.

A qualitative content analysis [8] was conducted to identify common themes and points of divergence across the courses. The main dimensions analyzed were:

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- Metadata – Language of delivery, institution, number of enrollments.
- Instructional Structure – Number of modules, list of contents.
- Assessment Strategies – Quantity and type of evaluation activities.

For doing so, the next selection criteria were defined:

- Accessibility: Not only the general description but also the course components should be accessible or at least searchable. In this regard, although the two main providers are Coursera and edX, we limited our selection to the former due to the existent campus agreement between that platform and our institution. We also restricted the selection to courses available in English, Spanish, or Portuguese.
- Granularity: Both individual courses and specialized programs (a sequence of three or more related courses) were included in the study, as long as they cover the fundamental topics of an introductory programming course and are designed for learners with no prior programming experience.

Being exploratory, the analysis in this study relies on publicly accessible materials, which may not fully capture the learner experience or instructional dynamics within the course environment. Enrollment number, when reported, may not reflect active participation or completion rates. Additionally, while the analysis emphasizes qualitative depth, future work could include quantitative learner data (e.g., completion rates, performance metrics, feedback surveys) to complement and triangulate the findings.

4 Results

Considering the inclusion criteria previously described, we identified ten courses, including our own proposal (#10), which are presented in Table 1 in decreasing order of enrollments (as in Aug 12th, 2025). In order to compare this value more fairly, we wanted to include a column in the table with the launch date of each course (ours was May 15th, 2025) but that information was not available on the platform.

Table 2. Selected courses from Coursera.

#	Name	Language	Institution	Enrollments
1	Programming for Everybody (courses 1 and 2)	English	University of Michigan	~ 3.3 M*
2	Learn to Program: The Fundamentals	English	University of Toronto	~ 519 K
3	Introduction to programming in Python I	Spanish	Pontificia Universidad Católica de Chile	~ 348 K
4	Introduction to Computer Science Python	Portuguese	Universidade de São Paulo	~ 260 K
5	Introduction to scripting in Python (courses 1 and 2)	English	RICE University	~ 111K*
6	Programming in Python	Spanish	Universidad de los Andes	~ 52.6 K
7	Learning programming in Python (courses 1 and 2)	Spanish	Universidad Austral	~ 21.5 K*
8	Highway to Data Science: Programming in Python (courses 1 and 2)	English	University of Colorado Boulder	~ 13.9 K*
9	An Introduction to Programming using Python	English	University of Leeds	~ 8.8 K





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

#	Name	Language	Institution	Enrollements
10	Programación con Python (courses 1 and 2)	Spanish	Universidad Nacional de Colombia	~ 1.2 K*

*When more than one course, enrollements corresponds to the first of the serie

Now, regarding the topics covered for each course, Table 2 shows three main thematic blocks: i) structured programming (I/O operations, variables, expressions, control flow, and functions); ii) basic data structures (lists, tuples, sets, dictionaries), along with the string data type and I/O file handling; and iii) additional topics (libraries and exceptions). With respect to the first block, all ten courses cover it, although only two of them address function composition and recursion. The second block presents greater heterogeneity: only one course excludes all of these topics, two include only one, three cover all of them, and the remaining ones include at least two. In the third block, half of the courses include at least one additional library, while only one covers exception handling.

Table 3. Topics covered by course.

Topics	Course									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Variables and expressions	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Primitives data types	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Input/Output (I/O) operations	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Conditionals – If	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Loops – For	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Loops – While	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Functions Definition and scope	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Functions Composition and recursion								X		X
Strings Manipulation	X	X	X		X	X	X		X	X
Strings I/O Files	X	X	X		X		X			X
Data structures Lists	X	X	X	X	X	X	X			X
Data structures Tuples	X	X			X	X	X			X
Data structures Sets	X						X			X
Data structures Dictionaries	X	X				X	X			X
Extra libraries					X	X	X	X		X
Exceptions							X			

Table 3 presents the instructional structure and assessment strategies. There is considerable heterogeneity in the number of modules. It is important to highlight that, at least in Coursera, a module is both a curricular and a temporal segmentation: a module corresponds to a week of expected learner dedication. Whereas the mean is 7.8 and the median is 8, the minimum and maximum values are 2 and 14 respectively. One might expect that, regardless of the number of modules, there would be a homogeneous ratio between materials (videos) and modules, which is true, with a median of 5.7, except in two cases. The first is course #9, which has the fewest modules and is one of the two with the fewest topics covered. The second, even more outlier, is course #6, which has the second fewest modules but the first in number of videos, with a ratio of 33 videos per module. Upon closer inspection, course #6 has a considerable number of lessons per module (a second level of organization), between 4 and 6, which may explain these values.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Table 4. Structure and assessment strategies by course.

Elements	Course									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modules / Lessons	14	7	6	9	8	4	8	8	2	12
Videos	79	43	35	37	52	130	30	41	30	58
Questionnaires	10	8	20	19	6	0	25	41	10	0
Programming exercises	14	3	0	14	0	0	22	0	8	82
Peer-review projects	0	0	0	0	2	4	2	0	0	0

There is also a considerable heterogeneity in the assessment strategies. We found three main alternatives: i) questionnaires, which consists in one or more multiple choice questions, in most of the cases regarding coding comprehension; ii) programming exercises, where learners must submit a code to accomplish a particular task, and which is automatically graded by the platform (as the questionnaires); and iii) peer-review projects where, as in the previous, learners must submit a code but usually to solve larger tasks, and they are intended to be evaluated by other learners (so, there is not automatic feedback). Fig. 1 presents the Venn diagram of the use of the three alternatives in the ten courses.

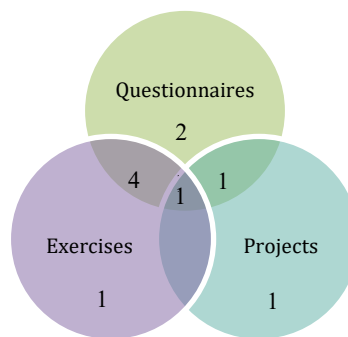


Fig. 19. Venn diagram of assessment strategies.

It would be unfair to compare the depth of the assessment process based solely on the number of assessment elements. For example, not all questionnaires have the same number of questions, nor do all programming exercises have the same level of difficulty. Nevertheless, and without implying that it is a general rule, it can be argued that, considering Bloom's taxonomy [9][10], three different cognitive levels can be distinguished:

- **Basic:** It involves mainly the understanding of the concepts listed in Table 1, but also the corresponding syntax. Most questions within questionnaires may be located at this level and many of them are “hand-tracing” type, i.e., learners must determine the output of a code, line by line, to verify its logic and behavior, usually without running it on a computer. Fig 2 presents an example of such questions.

What will be the output of the following code?

```

1  x = 0
2  if x < 1 :
3      print ( "x less than one" )
4  if x < 2 :
5      print ( "x less than two" )
6  if x < 3 :
7      print ( "x less than three" )
8  else :
9      print ( "x is at least 3" )
10

```

☐ x less than one
☐ x less than two
☐ x less than three
☐ x less than one
☐ x less than two
☐ x less than three

Fig. 20. Example of an understanding question in course #3.

- Intermediate: It involves mainly applying those same concepts and syntaxis to solve well-defined, and usually short, tasks. Most programming exercises may be located at this level (see Fig. 3) except for those of course #10.

3.3 Write a program to prompt for a score between 0.0 and 1.0. If the score is out of range, print an error. If the score is between 0.0 and 1.0, print a grade using the following table:

Score	Grade
>= 0.9	A
>= 0.8	B
>= 0.7	C
>= 0.6	D
< 0.6	F

If the user enters a value out of range, print a suitable error message and exit. For the test, enter a score of 0.85.

Fig. 21. Example of a programming exercise in course #1.

- Advanced: It involves mainly analyzing and, ultimately, creating. As well as in previous level, learners must provide solutions, but for problems that are not usually “straight-forward” but requires previous analysis and a computational thinking approach. Programming exercises as the ones from course #10 (see Fig. 4 for an example) and most peer-review projects are located at this level.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

In a given city, house addresses consist of two whole numbers, the first corresponding to the street number and the second to the house number.

For example, the address 35th Street # 7 corresponds to house number 7 on 35th Street.

The mayor of that city is extremely superstitious, so he signed a decree stating that no address can contain numbers that are multiples of 4 or 13 because, according to him, those are prohibited numbers.

In this way, address 35 # 7 would not be prohibited, while 35 # 8 would be (35 is not a multiple of 4 or 13, but 8 is a multiple of 4).

Although it may sound strange, the aversion to those two numbers in particular is quite common and even has a specific name. The fear of the number 4 is called *tetraphobia* and is most common in East and Southeast Asian countries. In China, for example, the words "four" and "death" sound very similar, which is why elevators in many buildings don't include the number 4 to indicate the fourth level.

The fear of the number 13, on the other hand, is called *triskaidekaphobia* and is more common in the West. In Norse mythology, for example, Loki, the god of chaos, sneaked into a banquet in Valhalla as the thirteenth guest, even though only 12 gods were supposed to attend. This led to the death of Balder, the god of light.

Entrance

The input contains two lines, each with a positive integer value, the first for street number *C* and the second for house number *N*.

Exit

The output must contain a single line with the message (without quotes or tildes and with the corresponding *C* and *N* values):

'The address *C* # *N* street is prohibited', or

'The address *C* # *N* street is not prohibited', as the case may be.

Fig. 22. Example of a programming exercise in course #10.

5 Conclusions

This exploratory study set out to examine the design of a new MOOC for introductory programming with Python, and to situate it within the broader landscape of online programming education. The comparative analysis highlights some preliminary conclusions. First, there seems to be a consensus on the key topics of an introductory programming course: I/O operations, variables, expressions, control flow, and functions. Whereas for other concepts such as strings, data structures and other more "advanced" topics, each course covers them to a greater or lesser extent.

Second, there is considerable heterogeneity in the corresponding instructional structure. Some courses seem larger than other, although a more thorough analysis should be made content by content to obtain a more detail comparison.

Third, there is also great heterogeneity in the assessment process. The main strategies include questionnaires, programming exercises, and peer-review projects, but each course uses them in different proportions.

As contributions, this study not only provides a comparative framework for analyzing pedagogical dimensions of introductory programming courses, which may be applied to future evaluations, but also a design based in a more rigorous assessment, which promotes higher cognitive levels from Bloom's taxonomy.

All these findings invite further empirical validation, including analysis of learner outcomes and opinions, engagement data, and longitudinal studies of skill acquisition. They also offer a foundation for rethinking how online courses can move beyond mass access toward meaningful, equitable, and cognitively demanding learning experiences.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

There is also a lot of work to do in the future in our course. For example, the inclusion of questionnaires to provide more granular and intermediate feedback.

6 References

1. Piaget, J. (1970). Science of Education and the Psychology of the Child. Viking Press
2. Piaget, J. (1981). La teoría de Piaget. Journal for the Study of Education and Development, 4, 13–54.
3. Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books
4. Margaryan A, Bianco M, Littlejohn A (2015) Instructional quality of Massive Open Online Courses (MOOCs). Comput & Educ 80:77–83
5. Feklistova, L., Lepp, M., & Luik, P. (2021). Learners' Performance in a MOOC on Programming. Education Sciences, 11(9), 521.
6. Guzdial, M. (2015). Learner-centered design of computing education: Research on computing for everyone. Synth Lect Human-Centered Informatics 8:1–165
7. Rõõm, M., Luik, P., & Lepp, M. (2023). Learner success and the factors influencing it in computer programming MOOC. Education and Information Technologies, 28(7), 8645-8663.
8. Schreier M (2012). Qualitative Content Analysis in Practice. Sage Publications
9. Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory Into Practice, 41(4), 212–218.
10. Thompson, E., Luxton-Reilly, A., Whalley, J. L., Hu, M., & Robbins, P. (2008). Bloom's taxonomy for CS assessment. In Proceedings of the tenth conference on Australasian computing education, 155-161.





Diseño de Sistema de Deep Learning para la identificación de especies de flora bogotana como estrategia de aprendizaje móvil

Juan Diego Lizarazo Paez¹[0009-0002-2905-9092]

¹ Universidad de Cundinamarca, Chía, Colombia
jdiegolizarazo@ucundinamarca.edu.co

Resumen. El fomento a la conciencia ambiental en contextos urbanos se ve limitado por la falta de herramientas que conecten el aprendizaje con el entorno inmediato del estudiante. Para abordar esta brecha, este artículo presenta el diseño, entrenamiento y evaluación de un objeto de aprendizaje móvil basado en un modelo de Deep Learning, diseñado para facilitar el aprendizaje móvil situado mediante la identificación automática e instantánea de la flora local, funcionando como un tutor cognitivo que andamia el aprendizaje por descubrimiento. Siguiendo un marco metodológico de investigación aplicada, se entrenó un modelo para la identificación de 11 especies de flora bogotana sobre un dataset curado de 4188 imágenes. Se evaluaron comparativamente cuatro arquitecturas de redes neuronales convolucionales (CNN) mediante aprendizaje por transferencia, donde el modelo EfficientNetB0 alcanzó un rendimiento superior con una exactitud del 95.47% en el conjunto de prueba. Su posterior integración en un prototipo de aplicación móvil funcional demuestra su potencial para servir como un componente educativo que fomenta de manera efectiva la conciencia ambiental y el aprendizaje contextualizado, superando las limitaciones de las herramientas de identificación de flora existentes para el área de Bogotá.

Abstract. The promotion of environmental awareness in urban contexts is hindered by a lack of tools that link learning to the student's immediate surroundings. This article addresses this gap by detailing the design, training, and evaluation of a mobile learning object powered by a Deep Learning model. The system facilitates Situated Mobile Learning by providing automatic and instantaneous identification of local flora, acting as a cognitive tutor that scaffolds discovery learning. Within an applied research framework, a model was trained on a curated dataset of 4188 images to classify 11 native flora species from Bogotá. A comparative evaluation of four convolutional neural network (CNN) architectures via transfer learning revealed that the EfficientNetB0 model yielded superior performance, achieving 95.47% accuracy on the test set. The successful integration of this model into a functional mobile application prototype confirms its potential as an effective educational tool for fostering environmental awareness and contextualized learning, surpassing the limitations of existing identification tools for the Bogota region.

Palabras clave: Aprendizaje móvil, Aprendizaje situado, Deep Learning, Objetos de aprendizaje, Visión por computadora, Educación ambiental, Identificación de especies.

1 Introducción

La biodiversidad, entendida como la variedad de especies que coexisten en un ecosistema, es un elemento fundamental para la sostenibilidad y el equilibrio ecológico de las ciudades. Sin embargo, la percepción y concientización ciudadana sobre la conservación esta biodiversidad tiende a ser limitada. Es esencial considerar a las poblaciones humanas como parte integral de los sistemas socio-ecológicos, lo cual implica que su valoración de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos influye directamente en la conservación [1]. Aun así, en muchos entornos urbanos ha desaparecido la noción de la interdependencia entre las actividades humanas y el medio ambiente.

Bogotá, como una de las capitales con mayor biodiversidad en su área de influencia enfrenta una paradoja socioambiental: se ha desaparecido la noción de que el ambiente es fuente de vida, lo que ha llevado a una desconexión con lo natural, “donde lo natural es algo que parece lejano y se ha perdido la conciencia de que las ciudades tienen también su fuente de vida en la naturaleza” [2]. Lo anterior se traduce en valoración ciudadana



de la flora local sin herramientas, y a su vez en obstáculo para los esfuerzos de concientización, difusión y apropiación del conocimiento. Uno de los fenómenos que se identifica en tal problemática es el de la Disparidad en la Conciencia sobre las Plantas (PAD), que describe la tendencia cognitiva y cultural a ignorar la flora, percibiéndola como un fondo pasivo en lugar de como un componente vital del ecosistema. Investigaciones como la de Pedrera et al. [3] demuestran que, aunque el conocimiento sobre biodiversidad aumenta con la escolarización, persisten síntomas de PAD, como la incapacidad para identificar especies locales comunes. Como argumentan los mismos autores, la alfabetización sobre plantas es un predictor fundamental para construir una conceptualización más compleja y sistémica de la biodiversidad.

Para abordar esta problemática, el Aprendizaje Móvil Situado se perfila como un marco pedagógico de alta efectividad. El aprendizaje situado ocurre en un contexto auténtico y se ve potenciado por la tecnología móvil, la cual puede proporcionar pistas y estructura para guiar al estudiante fuera del aula [4]. Se encuentran proyectos [5, 6] que dan cuenta de cómo las aplicaciones móviles que se activan geográficamente pueden fomentar la interacción directa con el entorno y el aprendizaje colaborativo. Sin embargo, la aplicación de este enfoque en áreas de naturaleza biodiversa se ve limitada por la ausencia de un mecanismo de apoyo cognitivo que pueda resolver las dudas del aprendiz en el momento preciso de la observación.

Es en este punto donde la Inteligencia Artificial (IA) ofrece una solución tecnológica robusta. Los avances en Visión por Computador, específicamente las Redes Neuronales Convolucionales (CNN), han demostrado una capacidad notable para la identificación de especies vegetales, un problema de clasificación de imágenes de grano fino [7, 8]. Para aprovechar la capacidad de los modelos existentes de CNN y mejorarlos para requerimientos específicos, se usa la estrategia de transfer learning, donde se reutiliza un modelo base y se añaden capas adicionales, resultando factible para adaptar modelos de alto rendimiento a un dominio específico, como la flora de Bogotá, logrando una alta precisión con recursos computacionales manejables [9–11]. Este enfoque permite el desarrollo de un objeto de aprendizaje móvil que funciona como un Sistema de tutoría inteligente (ITS) contextual [12], proporcionando retroalimentación en tiempo real para facilitar el aprendizaje autodirigido, donde la tecnología, por tanto, andamia el proceso de descubrimiento del estudiante en el proceso de entrega de información.

Si bien podría argumentarse que esta brecha tecnológica es cubierta por una variedad de aplicaciones comerciales y de acceso general para identificar plantas, una evaluación crítica de su desempeño revela limitaciones que justifican el desarrollo de una solución localizada, debido a que se encuentra con falta de alcance su utilidad como herramienta educativa. Estudios comparativos [13, 14] evidencian que, si bien son herramientas prometedoras, su precisión es variable y no siempre óptima, y por lo consiguiente ninguna aplicación debe ser "asumida como correcta", lo que puede inducir a errores conceptuales en un entorno de aprendizaje. Además, los modelos entrenados con datasets globales pueden presentar dificultades para diferenciar especies endémicas o variedades locales, que son precisamente las de mayor interés para la educación ambiental contextualizada en el área de Bogotá.

Este artículo presenta la metodología de diseño, entrenamiento y los resultados de un sistema de reconocimiento automático de especies seleccionadas de la flora bogotana, con su diseño pensado para superar estas limitaciones y servir como una herramienta educativa precisa, fiable y contextualmente relevante.

2 Metodología

El desarrollo en curso del sistema de reconocimiento se enmarca en un enfoque cuantitativo de investigación aplicada, donde se asegura la calidad a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto para que el modelo de Machine Learning sea integrado de forma continua y se pueda asegurar la reproducibilidad de cada fase según el estándar CRISP-ML(Q) [15]. El proyecto ha ejecutado las fases de comprensión, preparación de datos, modelado y evaluación, culminando en el desarrollo de un prototipo para la fase de despliegue.



La primera fase, que es la “comprensión del negocio y los datos”, se ejecutó para establecer las bases del proyecto. En esta etapa, se delimitó el problema y se tradujo a un objetivo técnico de clasificación de imágenes. Se evaluó la viabilidad mediante un sondeo de la disponibilidad de datos de ciencia ciudadana, confirmando la existencia de suficientes recursos visuales para abordar un subconjunto representativo de la flora bogotana. Adicionalmente, se realizó una revisión de la literatura para determinar arquitecturas de CNN candidatas y anticipar los posibles retos en la etapa de modelado.

La segunda fase, correspondiente a la “preparación de datos”, se centró en la adquisición, curación y estructuración de las imágenes. Se utilizó la API del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF) como principal fuente para la descarga automatizada de 10,288 imágenes de grado de investigación de iNaturalist [16]. Para mitigar el desbalanceo de clases inherente a estos datasets y enriquecer las especies subrepresentadas, se realizó una segunda adquisición de 3,144 imágenes con grado de identificación necesaria. El conjunto total fue sometido a un proceso de curación manual para asegurar su calidad, y derivó en un dataset compuesto por 4188 imágenes de alta calidad (400 por cada una de las 11 clases), dividido de forma estratificada en tres conjuntos: 80% de entrenamiento (3,350 imágenes), 10% de validación (419 imágenes) y 10% de prueba (419 imágenes).

En la fase de modelado, se implementó una estrategia de Aprendizaje por transferencia (*transfer learning*), evaluando cuatro arquitecturas de CNN para determinar el modelo con el mejor balance entre precisión y eficiencia, las cuales fueron: a) EfficientNetB0, b) MobileNetV3-Large, c) MobileNetV2 y d) ResNet50 [17–20], entrenadas sobre el conjunto de entrenamiento, y aplicando técnicas de aumento de datos en tiempo real para mejorar la generalización [11]. La fase de evaluación utilizó el conjunto de prueba para medir el rendimiento final de cada modelo mediante métricas cuantitativas como la exactitud, precisión, recall y F1-score. Finalmente, para la fase de Despliegue, el modelo con el rendimiento más alto fue optimizado y convertido al formato TensorFlow Lite, preparándolo para su integración en el prototipo de la aplicación móvil.

3 Resultados

Los resultados presentados a continuación corresponden a la materialización de la solución propuesta en dos componentes principales: el rendimiento cuantitativo del modelo de clasificación y el prototipo funcional del objeto de aprendizaje móvil.

3.1 Prototipo de aplicación para aprendizaje móvil situado

Se desarrolló un prototipo de alta fidelidad de la aplicación móvil, que sirve el propósito de ser objeto de aprendizaje móvil. El artefacto tecnológico –mostrado en la Figura 1– integra el modelo de reconocimiento para funcionar como un tutor cognitivo que facilita el aprendizaje por descubrimiento, y permite al usuario (a) identificar especies de flora en tiempo real mediante la cámara del dispositivo o seleccionando una imagen de la galería, (b) explorar un catálogo curado de especies nativas y exóticas de Bogotá, (c) mantener un registro personal de sus observaciones, y (d) acceder a información detallada de cada especie, incluyendo su descripción, estado de conservación, ficha técnica y enlaces a bases de información globales y distritales. El diseño convierte el acto de la observación en una experiencia de aprendizaje con contexto y facilita la reconexión del ciudadano con la biodiversidad de su entorno.

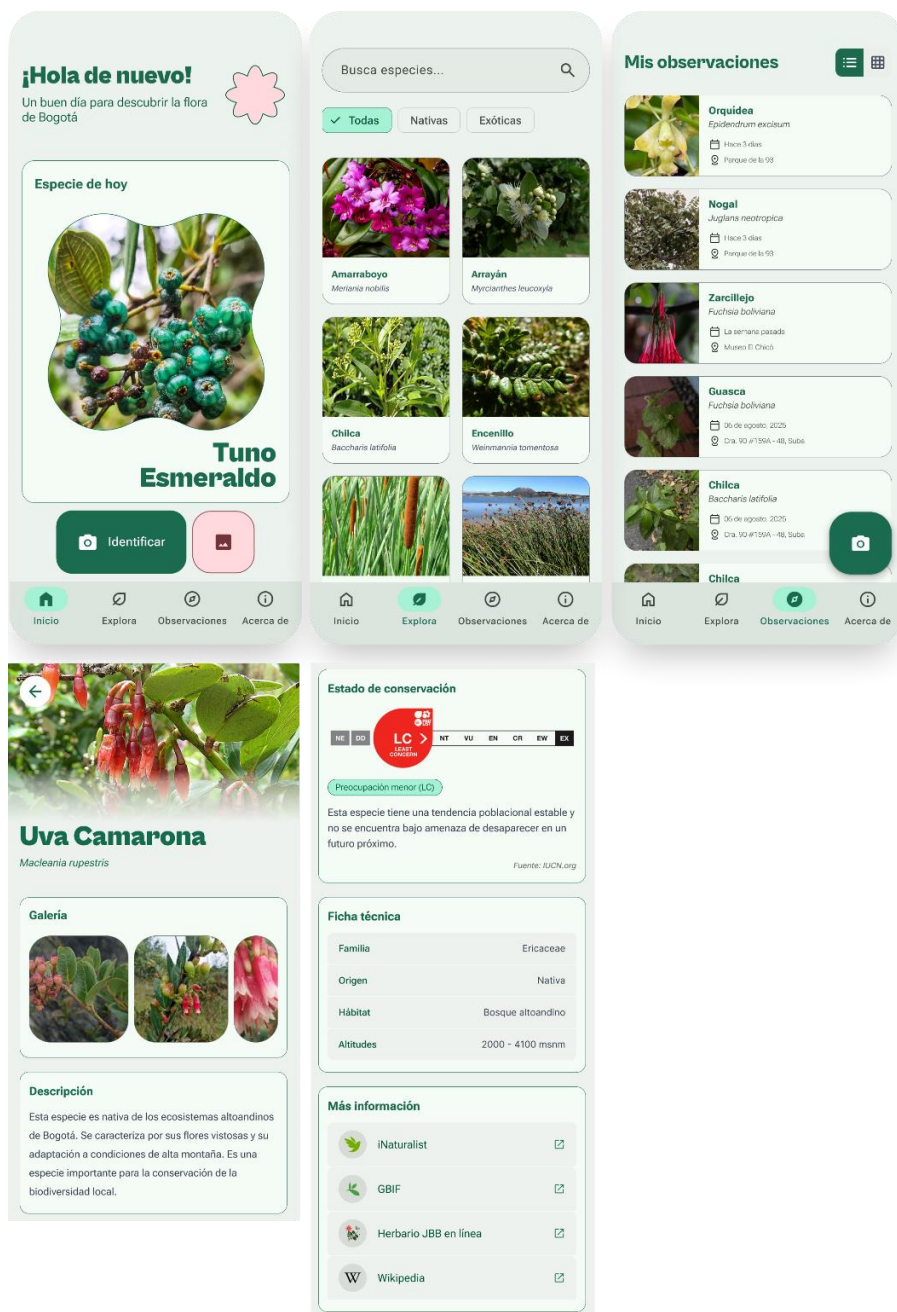


Fig. 23. Interfaz del prototipo de la aplicación móvil. Se muestra la pantalla de inicio con botones de llamada a la acción, catálogo de exploración de especies, el historial de observaciones del usuario, y el detalle de especie identificada o consultada con información contextual.

3.2 Rendimiento del modelo de clasificación

La Tabla 1 consolida los resultados del entrenamiento mediante las métricas establecidas, donde se encuentra que el modelo basado en la arquitectura EfficientNetB0 demostró un rendimiento superior en todas las métricas evaluadas, alcanzando una exactitud final de 95.47% y un F1-Score (Macro) de 94.11% sobre el



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

conjunto de prueba. MobileNetV3-Large logra un rendimiento competitivo con un menor número de parámetros.

Tabla 5. Comparación de rendimiento de arquitecturas entrenadas en el conjunto de prueba.

Modelo	Accuracy	F1-Macro	Precision	Recall	Parámetros
EfficientNetB0	95.47%	94.11%	95.90%	94.99%	4,063,662
MobileNetV3-Large	94.03%	93.38%	94.92%	93.56%	3,006,923
MobileNetV2	93.08%	91.28%	93.95%	92.60%	2,272,075
ResNet50	92.12%	90.48%	92.33%	91.89%	23,610,251

La Figura 2 ilustra la evolución de la precisión en el conjunto de validación a lo largo de las épocas de entrenamiento. Todas las arquitecturas exhiben una rápida curva de aprendizaje inicial, y la discontinuidad marcada en cada curva representa la transición a la fase de *fine-tuning*, donde se presenta convergencia hacia un rendimiento superior. El modelo EfficientNetB0 alcanza y mantiene la mayor precisión durante todo el proceso, validando su selección como el modelo óptimo.

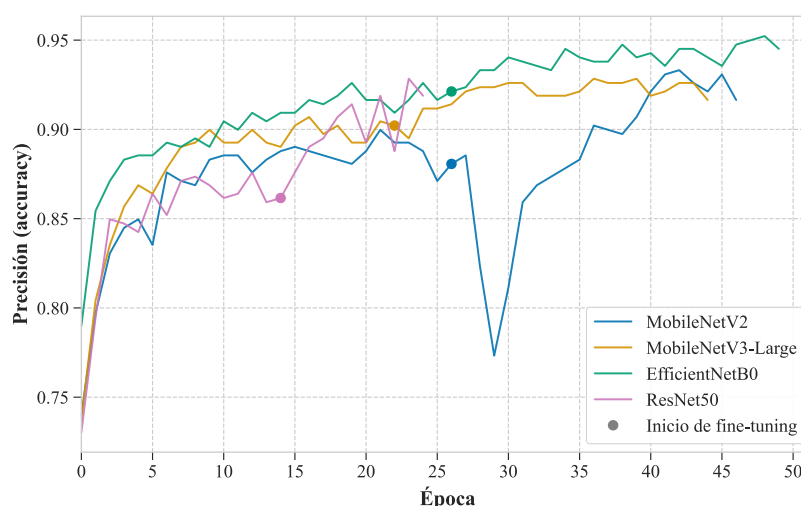


Fig. 2. Evolución de la precisión de los modelos durante el proceso de entrenamiento.

Para determinar la interpretabilidad del modelo entrenado y asegurar que sus predicciones se basen en características taxonómicamente relevantes, se empleó la técnica de visualización de mapas de activación de clase ponderados por gradientes (Grad-CAM), que resalta las regiones de una imagen que son más influyentes para una determinada clasificación. La Figura 3 presenta los resultados de este análisis para tres especies distintas del conjunto de prueba, donde las zonas de mayor activación se indican en colores cálidos (rojo/amarillo).

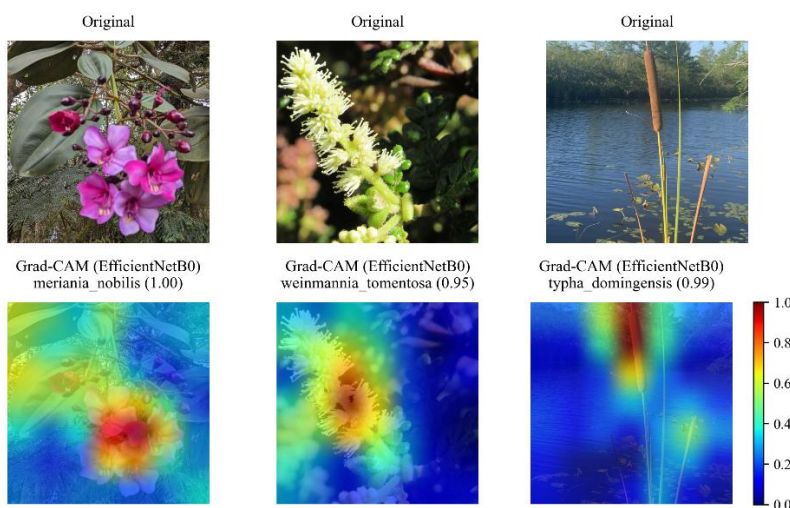


Fig. 3. Visualización mediante Grad-CAM del modelo de clasificación. Los mapas de calor indican las regiones de la imagen más influyentes para la clasificación de las especies.

Los mapas de activación demuestran que el modelo ha aprendido a localizar y priorizar las características morfológicas más distintivas de cada especie, mostrando un comportamiento análogo al de una identificación humana en las diferentes especies evaluadas, donde el modelo concentra su atención en las inflorescencias.

4 Discusión

Los resultados de las fases iniciales del proyecto validan el proceso técnico y dan cuenta de las implicaciones necesarias para el diseño de estrategias de aprendizaje móvil basadas en Inteligencia Artificial. El desarrollo exitoso de un modelo de clasificación con una exactitud aproximada al 95% y la materialización de un prototipo funcional permiten trascender la prueba de concepto técnica para discutir el valor del artefacto como una herramienta educativa contextual.

Al asegurar una representación balanceada en la construcción final del dataset y la alta precisión en la evaluación del modelo se busca maximizar la fiabilidad de la herramienta lo cual es implicación directa para el objeto de aprendizaje. Se necesita una precisión alta en las herramientas educativas (y tecnológicas en general) para evitar la propagación de información errónea y construir confianza en la tecnología como herramienta de aprendizaje. Es mejor tener un modelo funcional para menos especies que uno ineficiente para muchas.

Desde la perspectiva del aprendizaje móvil situado, el prototipo de aplicación ofrece un mecanismo de apoyo cognitivo que resuelva las dudas del aprendiz en el momento preciso de la observación y en un contexto auténtico, en el que la tecnología no reemplaza la experiencia, sino que la complementa al proporcionar las pistas y estructura para guiar al estudiante fuera de los espacios y medios tradicionales de aprendizaje. De igual manera, el diseño del prototipo se constituye como un sistema de tutoría inteligente contextual [12]. Como se observa en la interfaz, la aplicación invita a una exploración más allá de la identificación de la especie al presentar información sobre el estado de conservación, el hábitat y las características de la especie, junto con enlaces directos a recursos externos globales y del distrito, todo con el fin de facilitar un aprendizaje autodirigido. El reconocimiento inicial es el punto de partida para la investigación personal que puede llevar al usuario, fomentando una comprensión más sistémica de la biodiversidad mediante toda la información que se sirva a su alcance.



5 Referencias

1. López Barrera, E.A., Fuentes Cotes, M.M., Plata Rangel, Á.M.: Percepción de actores involucrados en el estado de conservación del Humedal Torca-Guaymaral, Bogotá-Colombia. *Estudios Socioterritoriales*. 21, 0–0 (2017).
2. Leiva Cuchia, M.A., Rodriguez Mora, M.A.: Bogotá, diversa por naturaleza : visibilización de la biodiversidad sinantrópica de la ciudad, a partir de material fotográfico, uso y diseño de sitios web. #biodiversidadrola. (2021).
3. Pedrera, O., Ortega-Lasuen, U., Ruiz-González, A., Díez, J.R., Barrutia, O.: Branches of plant blindness and their relationship with biodiversity conceptualisation among secondary students. *Journal of Biological Education*. 57, 566–591 (2023). <https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933133>.
4. Alnuaim, A., Caleb-Solly, P., Perry, C.: A Mobile Location-Based Situated Learning Framework for Supporting Critical Thinking--A Requirements Analysis Study. *International Association for the Development of the Information Society* (2012).
5. Balling, G., Schilhab, T., Esbensen, G.L.: Technology, Participation and Bodily Interactions in Nature: The Potential of Mobile Technology in Situated Learning. *Conjunctions. Transdisciplinary Journal of Cultural Participation*. 9, 1–14 (2022). <https://doi.org/10.2478/tjcp-2022-0010>.
6. Naseem, A., Nizamuddin, S., Ghias, K.: The outcomes of a mobile just-in-time-learning intervention for teaching bioethics in Pakistan. *BMC Medical Education*. 22, 674 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03698-9>.
7. Wäldchen, J., Mäder, P.: Plant Species Identification Using Computer Vision Techniques: A Systematic Literature Review. *Arch Comput Methods Eng*. 25, 507–543 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9206-z>.
8. Wei, X.-S., Song, Y.-Z., Aodha, O.M., Wu, J., Peng, Y., Tang, J., Yang, J., Belongie, S.: Fine-Grained Image Analysis with Deep Learning: A Survey, <http://arxiv.org/abs/2111.06119>, (2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2111.06119>.
9. Muñoz, I., Bolt, A.: Diseño y desarrollo de aplicación móvil para la clasificación de flora nativa chilena utilizando redes neuronales convolucionales, <http://arxiv.org/abs/2106.06592>, (2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.06592>.
10. Pacheco-Prado, D., Bravo-López, E., Ruiz, L.Á.: Tree Species Identification in Urban Environments Using TensorFlow Lite and a Transfer Learning Approach. *Forests*. 14, 1050 (2023). <https://doi.org/10.3390/f14051050>.
11. Pérez Esteve, F.: Reconocimiento de imágenes de flora y fauna. (2020).
12. Politis, D.: The Design Characteristics of Intelligent Tutoring Systems for Stem Education. *Sinteza 2025 International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science*. 281–288 (2025). <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2025-281-288>.
13. Campbell, N., Peacock, J., Bacon, K.L.: A repeatable scoring system for assessing Smartphone applications ability to identify herbaceous plants. *PLOS ONE*. 18, e0283386 (2023). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283386>.
14. Coşkunserçe, O.: Use of a mobile plant identification application and the out-of-school learning method in biodiversity education. *Ecol Evol*. 14, e10957 (2024). <https://doi.org/10.1002/ece3.10957>.
15. Studer, S., Bui, T.B., Drescher, C., Hanuschkin, A., Winkler, L., Peters, S., Mueller, K.-R.: Towards CRISP-ML(Q): A Machine Learning Process Model with Quality Assurance Methodology, <http://arxiv.org/abs/2003.05155>, (2021). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2003.05155>.
16. iNaturalist contributors, iNaturalist: iNaturalist Research-grade Observations, (2025). <https://doi.org/10.15468/ab3s5x>.
17. Tan, M., Le, Q.V.: EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks, <http://arxiv.org/abs/1905.11946>, (2020). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.11946>.
18. Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L.-C., Chen, B., Tan, M., Wang, W., Zhu, Y., Pang, R., Vasudevan, V., Le, Q.V., Adam, H.: Searching for MobileNetV3, <http://arxiv.org/abs/1905.02244>, (2019). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.02244>.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

19. Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., Chen, L.-C.: MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks, <http://arxiv.org/abs/1801.04381>, (2019). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1801.04381>.
20. He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J.: Deep Residual Learning for Image Recognition, <http://arxiv.org/abs/1512.03385>, (2015). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1512.03385>.





The Labyrinth: Balancing Fun and Learning in the Adaptation of an Open-Source Digital Game for Teaching Programming Fundamentals

Josivan P. Silva¹[0000-0003-0892-1317], Mariana R. Lia²[0009-0001-0633-527X] and
Ismar F. Silveira³[0000-0001-8029-072x]

¹Federal Institute of Sao Paulo, Campos do Jordao, SP Brazil

²Cruzeiro do Sul University, Sao Paulo, SP – Brazil

³Mackenzie Presbyterian University, Sao Paulo, SP Brazil

1josivan.silva@ifsp.edu.br

3ismar.silveira@mackenzie.br

Abstract. This study develops and evaluates The Labyrinth, an educational game adapted from an open-source point-and-click RPG to teach Programming Fundamentals. Using reverse engineering and modding, we inserted pedagogically meaningful Python challenges while maintaining engaging gameplay. The design draws on Brousseau's Theory of Didactic Situations and principles of opensource adaptation; a Maze Runner-inspired narrative links progression to solving tasks in a labyrinth. A mixed-methods case study with 11 Computer Science and Digital Games students assessed usability and learning potential. Mean Opinion Score (MOS) results showed high approval for engagement, clarity, relevance, and enjoyment. Findings suggest that adapting entertainment titles for education—prioritizing interactivity and integrating academic content—can bolster attention, motivation, and learning amid pervasive digital distractions. The project demonstrates the feasibility of low-cost, open-source games as effective instructional tools and provides a template for future game-based learning initiatives.

Keywords: Game Modding; Educational Game Design; Learning Computer Programming; Game-Based Learning; Engagement and Learning Balance

1 Introduction

1.1 Contextualization

Modern youth are highly connected and use the internet pervasively via smartphones, including during study time; this intensifies teachers' challenges in sustaining attention and differentiating instruction with continuous feedback [1]. The global player base is vast—about 2.7 billion people—highlighting games' cultural reach [2][3].

The literature reports both benefits and risks of digital games for academic performance and health, depending on context. Reported benefits include higher attendance and performance among e-sports participants [4], gains in motor coordination and problemsolving [5], and improvements in language skills [6]. Risks include reduced physical activity and poorer sleep with greater screen time [7], and potential desensitization or aggression from violent themes, especially with excessive use [8]. Large-scale surveys identify sizable youth gaming populations and a subgroup at risk of problematic (addictive) use [9]. Overall, duration/intensity of play and age-appropriate content are primary moderators; excessive gaming can hinder performance, while moderate use may benefit it [2][7][8].

Educational games, however, are often criticized for overemphasizing instruction at the expense of engaging play, which undermines challenge, entertainment, and sustained motivation [10][11]. Barriers include negative



perceptions, audience mismatch, inappropriate difficulty, and cost [12]. A recurring recommendation is to put gameplay first, with educational content integrated in service of playability and engagement [13].

1.2 Problems

Given this context, the main problems are: excessive screen/gaming time with potential impacts on academic performance and health; persistent difficulty in sustaining students' attention on instructional content; educational games often perceived as less engaging than commercial titles; insufficient evidence-based criteria for designing and testing educational games to capture and maintain attention; and the cost of educational games as a barrier to adoption [12].

1.3 Justification

Given the prevalence of digital gaming among youth—and its competition with study time—this work leverages that interest through educational games that prioritize engaging gameplay while integrating sound pedagogy. To address cost barriers, we adopt an open-source approach: an educational game for introductory programming built by modding a pre-existing title. This strategy lowers development costs and enables rapid iteration while maintaining a balance between gameplay and instructional content, with the goal of sustaining student attention through a playful, immersive experience.

1.4 Objectives

The primary objective of this study is to modify a digital entertainment game in order to convert it into an educational game, emphasizing gameplay while integrating instructional content appropriate to the target audience. The central aim is to achieve a balance between gameplay and educational material, ensuring that the game is both enjoyable and informative with regard to the subject matter.

The secondary objectives are as follows: to develop a low-cost game (an open-source MOD), to employ an appropriate educational methodology, to introduce a narrative capable of engaging players and sustaining their attention, and to validate the quality of the experience with students enrolled in the target discipline.

1.5 Research Question and Hypothesis

Research Question: “Is it possible to adapt an open-source digital game to function as an educational game capable of capturing students' attention and promoting learning in the field of Programming Fundamentals, while maintaining a balance between entertainment and instructional content?”

Hypothesis: “The adaptation of a commercial game into an educational game, prioritizing engaging gameplay and integrating programming concepts in a playful manne, can increase students' interest in the subject, enhance knowledge retention, and reduce distraction when compared to traditional teaching methods.”

2 Theoretical Background

2.1 Guy Brousseau's Theory of Didactic Situations

Brousseau's Theory of Didactic Situations presents the Didactic Triangle—teacher, student, and knowledge—whose interactions generate didactic effects to be analyzed both in human (teacher–student) and conceptual (content) dimensions [15]. According to Brousseau, students arrive with prior but limited

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022





knowledge, while the teacher's content mastery and pedagogy enable the design of Didactic Situations: structured tasks that elicit exploration and experimentation in contextualized settings [14]. These tasks aim to push learners beyond their comfort zone, calibrated to avoid triviality or excess difficulty, thereby fostering active, meaningful learning [15]. Educational games align well with this framework by promoting autonomy, trial-and-error exploration, strategy development, and by using game rules as vehicles for conveying content and feedback [15].

2.2 Modification of Open-Source Digital Games

A digital game is interactive software that combines audiovisual assets (art, animation, music, narrative) for entertainment, while open-source software publicly releases source code under a license that permits modification and redistribution. An open digital game, therefore, exposes modifiable source code under a permissive license, enabling lawful alteration and reuse [16]. Although open-source digital games exist, they are far fewer than commercial titles because development is costly and time-consuming, and studios must recover investments; without alternative monetization, the open-source model is uncommon among major companies [16]. Repurposing means adapting and redistributing a game to serve a new function—here, converting entertainment into education—and is feasible only when the five conditions described by Willey are satisfied [17]. Fully understanding repurposing also requires familiarity with the culture of game modification (MOD), a mature and expanding phenomenon increasingly supported by developers and studios [18][16][19].

2.3 Modification through Reverse Engineering

Reverse engineering comprises techniques to analyze existing systems' structure, logic, and code to support maintenance, security, reengineering, and—here—software adaptation and repurposing [20]. In digital games, it enables access to internal components to modify or extend mechanics, narratives, and objectives, provided licensing is respected, especially for open-source titles [21]. A typical workflow maps logic (interaction flows, progression, events, scoring, commands) and then reconfigures assets/rules while integrating educational content [22]. In this study, we converted an entertainment game into an educational resource for Programming Fundamentals by partially deconstructing the original and reprogramming with HTML5/CSS3/JavaScript and ChoiCo's block-based tools; Python tasks were embedded in the storyline and progression.

2.4 Related Work

A related study is Code Critters: A Block-Based Testing Game presented in [23], which introduces an educational game designed to teach mutation testing through a blockbased programming interface. Using a tower-defense mechanic, the game helps learners understand software testing by detecting behavioral changes in code mutations. Aimed at younger audiences, it employs block programming to simplify concepts and runs directly in web browsers.

While both works use playful strategies to teach programming, The Labyrinth differs by addressing a broader set of topics, such as variables, loops, conditionals, and operators in the Python language. It also stands out for its development process: a reverseengineered open-source game modified using HTML5, CSS3, JavaScript, and the ChoiCo platform. Additionally, The Labyrinth embeds its content within a narrative RPG structure inspired by Maze Runner, enhancing immersion and contextual learning, in contrast to the abstract and test-focused style of Code Critters.



3 Methodology

3.1 Type of Research

This mixed-methods study integrates quantitative (Section 5.2) and qualitative (Section 5.3) analyses. A focused literature review grounded links between digital games, teaching–learning, and programming logic, informing the pedagogical design. Practically, it is an applied, experimental–exploratory case study in educational software engineering that addresses students’ real-world difficulties in assimilating programming fundamentals.

3.2 Development of the Educational Game through MOD and Reverse Engineering

We adapted the open-source point-and-click RPG School Survival built on the ChoiCo platform (<http://etl.ppp.uoa.gr/choico/>), a web-based environment (HTML5, CSS3, JavaScript) that supports block-based editing and direct JS. Using reverse engineering, we first mapped the original game’s structure and behavior (logic, interaction flow, scene organization, controls, event triggers, progression) to identify components for replacement or extension. We then reconfigured narrative, visuals, and mechanics— especially the interaction blocks—to embed didactic tasks aligned with Python (e.g., conditionals, correctness checks, and adaptive feedback), implemented via event mapping and code substitution. The result preserves entertainment dynamics while transforming the title into a contextualized, interactive pedagogical artifact for Programming Fundamentals.

The following Figure 1 is an illustration of the Game Modification process through Reverse Engineering.

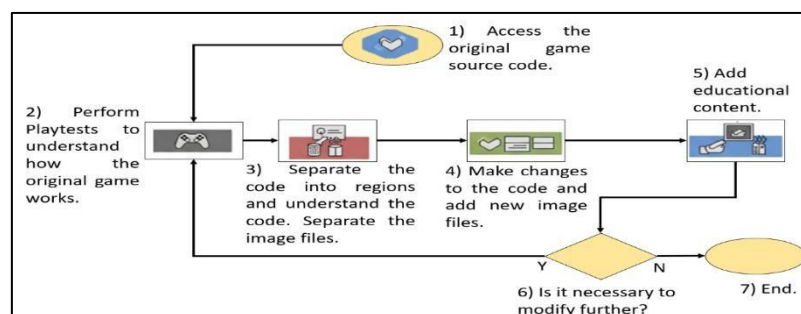


Fig. 1. Illustration of the Educational Game Modification Process through Reverse Engineering.

Figure 1 presents the MOD workflow via reverse engineering: (1) access the original source code; (2) run playtests to understand logic; (3) organize code into blocks and separate image assets; (4) modify code and add new graphics; (5) integrate the planned educational content; (6) verify whether further changes are needed—iterate if yes; (7) finish. Using ChoiCo, we transformed the open-source game into The Labyrinth, altering scenarios, characters, sprites, soundtrack, storyline, mechanics, and rules, and embedding Python content. Python was chosen for its approachable syntax and wide adoption; the instructional tasks appear as progressive, narrative-integrated challenges on variables, operators, loops, and conditionals.

3.3 Game Dynamics

The game The Labyrinth was conceived as a simulation inspired by the Maze Runner narrative, presenting an escape mission in which the player explores interconnected caverns and confronts various obstacles and enemies. Progress within the game is contingent upon solving programming problems, with success in battles depending on the correct responses to the proposed challenges.



The difficulty of these challenges is adjusted according to the player's progression, adhering to the principles of gradual advancement and the balance between challenge and frustration, in order to sustain engagement and prevent demotivation.

3.4 Evaluation with Students

To assess both the acceptance and pedagogical effectiveness of the proposed game, a case study was conducted using a mixed-methods (qualitative and quantitative) approach, involving 11 volunteer students from the Digital Games and Computer Science programs at Cruzeiro do Sul University (Sao Paulo, Brazil) in 2021.

The participants interacted with The Labyrinth game and subsequently completed a structured questionnaire based on a five-point Likert scale. The items assessed various aspects such as visual appeal, clarity of instructions, content relevance, level of challenge, perceived usefulness, and overall engagement.

3.5 Data Analysis

Questionnaire data were analyzed using the Mean Opinion Score (MOS, ITU-T), yielding weighted averages per item. Table 1 (Sec. 5.2) shows all items with scores > 4.0, indicating high approval and alignment between pedagogical goals and gameplay experience. The mixed-methods design enabled a functional, appealing game and its preliminary classroom validation, supporting open-source game adaptation as an effective, accessible, and motivating approach to teaching programming.

4 Proof of Concept

The Labyrinth is a proof of concept for adapting open-source games to education. Inspired by Maze Runner, the player—living in a village at the labyrinth's center—must find maps and items to escape and reunite with a missing father; the narrative sustains immersion and frames progressive educational tasks.

The game was developed based on the OML-ABC conceptual framework [24].

The game (in Portuguese) uses point-and-click mechanics with RPG elements: explore caves, collect items, and face enemies. Progress depends on correctly answering Python questions (variables, operators, loops), with difficulty increasing by level. A simple status system (health, fatigue, strength) affects performance and adds strategy.

Figure 2 provides a demonstration of the main menu of The Labyrinth (titled O Labirinto in Portuguese).



Fig. 2. Illustration of the game's initial menu, commonly referred to as the title screen.

Figure 3 is a demonstration of the game scenario featuring three main outdoor areas, which comprise three interconnected caves.

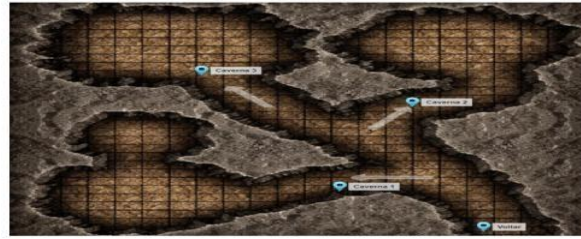


Fig. 3. Illustration of the three caves in a key outdoor region of the game.

Figure 4 is a demonstration of a battle within the game that incorporates educational content.

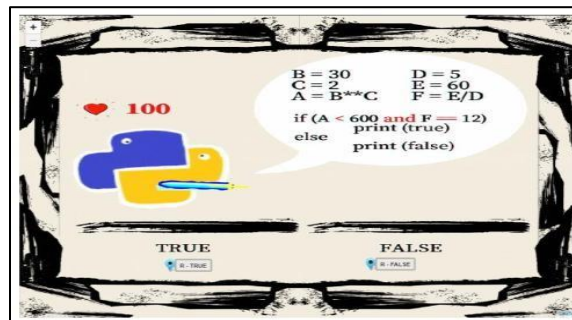


Fig. 4. Illustration of an educational battle focused on Python programming.

5 Results

5.1 Participant Profile

A total of 11 students participated in 2021: 4 from the Digital Games program and 7 from the Computer Science program at Cruzeiro do Sul University (Sao Paulo, Brazil). The demographic and behavioral characteristics of the participant group are as follows: Age: 90.9% of participants were between 18 and 28 years old, with the remaining 9.1% aged between 29 and 39.

Gender: 100% of the participants were male.

Gaming Frequency: A majority of the players (54.5%) reported playing digital games daily. 9.1% played weekly, another 9.1% played monthly, and 27.3% reported playing rarely.

5.2 Quantitative Analysis of User Feedback

After gameplay, participants completed a 5-point Likert questionnaire (1 = Totally Disagree, 5 = Totally Agree) covering the following statements: 1. The game was fun. 2. A game like this for teaching/training computer programming can help a novice programmer. 3. This game is useful for a programming student. 4. I was able to learn or practice programming with this game. 5. The game does not become monotonous in its tasks. 6. I would recommend this game to other people. 7. I found this game both fun and educational. 8. There was something interesting in the game that captured my attention.

Results (n = 11): Q1: 6 Agree, 5 Totally Agree. Q2: 5 Agree, 6 Totally Agree. Q3: 4 Agree, 6 Totally Agree, 1 Neutral. Q4: 3 Agree, 6 Totally Agree, 1 Neutral, 1 Totally Disagree. Q5: 5 Agree, 4 Totally Agree, 2 Neutral. Q6: 5 Agree, 6 Totally Agree. Q7: 6 Agree, 5 Totally Agree. Q8: 4 Agree, 4 Totally Agree, 2 Neutral, 1



Disagree. MOS values confirmed this trend (all ≥ 4.0 ; highest for Q2 and Q6 = 4.54; lowest for Q8 = 4.00). Table 1 summarizes these calculations and the final mean score for each item on the 1-to-5 Likert scale.

Table 1. Final Mean Opinion Score (MOS) Calculation for Each Question

Question	MOS Calculation	Mean (1-5 Likert Scale)
1	$[1(0)+2(0)+3(0)+4(6)+5(5)]/11$	4.45
2	$[1(0)+2(0)+3(0)+4(5)+5(6)]/11$	4.54
3	$[1(0)+2(0)+3(1)+4(4)+5(6)]/11$	4.45
4	$[1(1)+2(0)+3(1)+4(3)+5(6)]/11$	4.18
5	$[1(0)+2(0)+3(2)+4(5)+5(4)]/11$	4.18
6	$[1(0)+2(0)+3(0)+4(5)+5(6)]/11$	4.54
7	$[1(0)+2(0)+3(0)+4(6)+5(5)]/11$	4.45
8	$[1(0)+2(1)+3(2)+4(4)+5(4)]/11$	4.00

All items scored ≥ 4.00 on a 5-point scale, indicating strong acceptance of The Labyrinth. The highest means were Q2 and Q6 (4.54), and the lowest was Q8 (4.00), still positive. Overall, the evaluation was favorable.

5.3 Subjective Results

Table 2 summarizes the subjective results by annotation of the amount of modification for each game artifact.

Table 2. Quantity of the Eight Game Artifacts' Modification.

Game Artifacts	Low	Medium	High
Programming		x	
Art			x
Environment			x
Sound	x		
Narrative			x
Level Design		x	
Mechanics	x		
Educational Content			x

Table 2 indicates the extent of changes by artifact: Programming and Level Design show medium modification (targeted code and spatial tweaks); Art, Environment, Narrative, and Educational Content show high modification (substantial changes to visuals, context/story, and instructional material); Sound and Mechanics show low modification (minor audio edits, core gameplay largely preserved).

The modifications shown in Table 2 were based on the OML-ABC conceptual framework [24].

The game package is available at:

https://drive.google.com/file/d/1EALR51TKjn9QYVf_8u7lM0-SJmaBBszF/view?usp=drive_link.

To run it, download the file and upload it to the ChoiCo platform. The project is open source.



6 Conclusions and Future Works

This study confirms the hypothesis: adapting an entertainment title into an educational game—prioritizing engaging play and embedding programming within a narrative—can increase student engagement and support learning in Programming Fundamentals. In *The Labyrinth*, linking progression to Python challenges achieved a functional balance between entertainment and instruction.

Secondary goals were also met: a low-cost, open-source build; a sound pedagogical approach; a coherent narrative; and validation with students. The research question—whether an open-source game can be effectively adapted to retain attention—was answered affirmatively. Quantitative results (MOS ≥ 4.0 on all items) and qualitative feedback on game artifacts corroborate alignment between user experience and pedagogical intent.

Future work includes expanding programming concepts, translating to other languages, evaluating in broader educational contexts, exploring adaptive progression, and comparing effectiveness to traditional methods with larger, more diverse cohorts.

7 Acknowledgement

We thank the Research Group “Aplicações em Matemática e Computação” at IFSPCJO for their support.

8 References

1. Zeng, J., Sun, D., Looi, C.-K., Fan, A.: Exploring the impact of gamification on students' academic performance: A comprehensive meta-analysis of studies from the year 2008 to 2023. *British Journal of Educational Technology* 55, 2478–2502 (2024). <https://doi.org/10.1111/bjet.13471>
2. Alzahrani, A.K.D., Griffiths, M.D.: Problematic Gaming and Students' Academic Performance: A Systematic Review. *International Journal of Mental Health and Addiction* (2024). <https://doi.org/10.1007/s11469-024-01338-5>
3. Egami, H., Rahman, M.S., Yamamoto, T. et al.: Causal effect of video gaming on mental well-being in Japan 2020–2022. *Nature Human Behaviour* 8, 1943–1956 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41562-024-01948-y>
4. Baltezarević, R., Baltezarević, I.: Digital Game-Based Learning's (DGBL) Effect on Students' Academic Performance. *International Journal of Cognitive Research in Science Engineering and Education* 13, 127–140 (2025). <https://doi.org/10.23947/2334-8496-2025-13-1-127-140>
5. Mahmud, S., Jobayer, M.A.A., Salma, N., Mahmud, A., Tamanna, T.: Online gaming and its effect on academic performance of Bangladeshi university students: A cross-sectional study. *Health Science Reports* 6(12), e1774 (2023). <https://doi.org/10.1002/hsr2.1774>
6. Vnucko, G., Kralova, Z., Tirpakova, A.: Exploring the relationship between digital gaming, language attitudes, and academic success in EFL university students. *Heliyon* 10(13), e33301 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33301>
7. Selak, Š., Šorgo, A., Crnković, N. et al.: Three measures of internet use, social media use and video game playing as predictors of insomnia during the pandemic among students. *Scientific Reports* 14, 3290 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53351-2>



8. Aydemir, F.: Digital Games and Their Effects on Children. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (41), 40–69 (2022).
9. Boniel-Nissim, M. et al.: A focus on adolescent social media use and gaming in Europe, Central Asia and Canada. *Health Behaviour in School-aged Children – International Report from the 2021/2022 Survey*. Volume 6 (2024).
10. Franceschini, A., Roda, A.: Play to Learn: from Serious Games to just Games. In: *CHI '23 Proceedings*, 117–127 (2023). <https://doi.org/10.1145/3582515.3609525>
11. Stasienko, J.: ‘Why are they so boring?’ – Educational context of computer games in design and research perspectives. *Neodidagmata* 35, 47–64 (2014). <https://doi.org/10.14746/nd.2013.35.4>
12. He, A.: Overcoming Barriers to Engagement with Educational Video Games for Self-Directed Learning: A Mixed-Methods Case Study (2017).
13. Dixon, M., Arachchilage, N.A.G., Nicholson, J.: Engaging Users with Educational Games: The Case of Phishing. In: *CHI EA '19 Extended Abstracts*, Paper No. LBW0265, 1–6 (2019). <https://doi.org/10.1145/3290607.3313026>
14. Pommer, W.M.: Brousseau e a ideia de Situação Didática. *Seminários de Ensino de Matemática – FEUSP*, 10p (2008).
15. Brousseau, G.: *Theory of Didactical Situations in Mathematics: Didactique des Mathématiques*, 1970–1990 (2014).
16. Poderi, G., Hakken, D.J.: Modding a free and open source software video game: 'Play testing is hard work'. *Transformative Works and Cultures* (2014).
17. Wiley, D.A.: The access compromise and the 5th R (2014). <http://opencontent.org/blog/archives/3221.32>
18. Scacchi, W.: Modding as an Open Source Approach to Extending Computer Game Systems. *International Journal of Open Source Software and Processes* (2011).
19. Lopuszanski, S.: It's Mods All The Way Down. *Digital Cultures*, Version 1.0 (2019).
20. Votipka, D. et al.: An Observational Investigation of Reverse Engineers' Processes. *arXiv* (2019).
21. Scacchi, W.: Modding as an Open Source Approach to Extending Computer Game Systems. *IJOSSP* 3(3) (2011).
22. El-Nasr, M., Smith, B.: Learning Through Game Modding. *ACM Computers in Entertainment* 4(1) (2006).
23. Straubinger, P., Caspari, L., Fraser, G.: Code Critters: A Block-Based Testing Game. In: *2023 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW)*, pp. 370–375.
24. Silva, J. P. “OML-ABC: um framework conceitual para repropósito de jogos digitais abertos para fins educacionais,” Ph.D. dissertation, Programa de Engenharia Elétrica e Computação, Univ. Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brazil, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.mackenzie.br/items/9857dc48-a44c-4812-9621-26568ba95c3f>. Accessed: Sep. 8, 2025.



From Play to Code: Teaching Foundational Web Programming with a 3D Educational Game Using KSA Matrix and TDD

Ismar Silveira¹[0000-0001-8029-072x], Josivan Silva²[0000-0003-0892-1317] and Eduardo Mineiro³[0009-0000-3005-8850]

¹Mackenzie Presbyterian University, Sao Paulo, SP Brazil

²Federal Institute of Sao Paulo, Campos do Jordao, SP Brazil

³Cruzeiro do Sul University, Sao Paulo, SP Brazil

¹ismar.silveira@mackenzie.br

²josivan.silva@ifsp.edu.br

Abstract. Many students show interest in learning web programming; however, high dropout rates persist due to the challenges inherent to the field. On the other hand, topics like digital games, particularly those involving exploration and adventure, spark strong motivation among learners and share conceptual links with information technology and programming. Therefore, pedagogical strategies that gradually connect these interests to web programming education may help engage students and enhance learning. This paper presents the development and evaluation of Dígito, a 3D educational platform game designed to assist young learners in acquiring foundational web programming skills. To overcome the complexity of developing a game from scratch, which requires significant time and multidisciplinary collaboration, the project adopts open-source game modification (MOD) techniques. The game uses the KSA methodology (Knowledge, Skills, and Attitudes) to structure its educational content within an immersive narrative. Players interact with a virtual environment where they collect items, complete quizzes, and solve challenges to progressively learn HTML and CSS concepts. The development followed test-driven practices and was guided by comprehensive game design documentation to ensure educational alignment and software quality. Initial qualitative feedback was collected to assess user engagement and perceived learning. Results suggest that educational games like Dígito can serve as effective tools to complement traditional teaching methods, offering a motivating, interactive, and content-rich learning experience.

Keywords. Educational Games, Web Programming Education, Game Modding (MOD), KSA Matrix, Test-Driven Development.

1 Introduction

In today's technology-driven era—characterized by the prominence of Big Tech companies, pervasive Internet applications, the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Online Gaming—it is increasingly uncommon to encounter young individuals who are not drawn to studying Web Programming. However, upon entering formal academic programs at colleges and universities, students quickly realize that pursuing a career in Information Technology demands more than enthusiasm for cutting-edge technologies. Success requires dedicated study and mastery of foundational and complex subjects such as Computer Programming, Database Management, and Computer Networks, among others.

When faced with these complex subjects and the rigidity of an academic institution, many students will give it up and abandon their academic pursuit when they see the difficulty and obstacles for this field of knowledge [2].

The high rates of dropout and failure in IT courses and subjects, may also be related to different situations leading to student demotivation [3; 4]. To try to deal with this reality teachers and researchers have tried to use



pedagogical methodologies that aim at student motivation and resources the students are familiar with, as an aspect of engagement [15].

Among these usual tools which fit, digital games have emerged as a very popular means of recreation for young people throughout the world—especially students interested in IT. In the past few years, the digital game market has one of the fastestgrowing markets [1]. In addition to the genre of video games, many young IT students are keen on many electronic games irrespective of genre classifications. Many electronic games focus on exploratory or adventure themes, and thus many researchers and educators have exploited educational digital games, a form of digital games that include some formal educational content.

It is essential to state that for a digital game to be embraced into a course, it must not simply be added to the syllabus without careful pedagogical consideration. To advance the teaching and learning process a digital game ideally needs to be in accordance with the course lesson plan and integrated into a pedagogical approach that is compatible with game-based learning.

When a teacher or researcher integrates a digital game into their teaching methodology, they want students to be involved, among other things, in a playful context that allows for trial-and-error learning—not as punishment, but to interact with the didactic content in a more familiar and engaging format compared to the traditional educational curriculum.

In the context presented, the interest of many young people in Web Programming and Digital Games, the demotivation of different IT students in mainstream education, and the possibility of re-engaging them with their learning through educational digital games, this paper presents the development and evaluation of Dígito, a 3D platform educational game for young learners to develop fundamental Web Programming skills.

Instead of beginning a game from scratch, which is complex, time consuming, and requires collaboration from multiple disciplines, this project utilize techniques for modifying existing, open-source games (MODs). Thus, the game here shown is structured and organized using the KSA (Knowledge, Skills and Attitudes) matrix which is fitted into an immersive narrative.

2 Theoretical Framework and Related Works

2.1 KSA Matrix

The KSA Matrix (Knowledge, Skills, and Attitudes), known in Portuguese and Spanish as CHA, is a trio of pedagogical objectives that guide the educational planning of a course. The "K" for Knowledge refers to knowing, the "S" for Skills refers to knowing how to do, and the "A" for Attitudes refers to wanting to do [6].

The Knowledge component of the KSA Matrix is defined by an individual or group who already possesses this knowledge and can determine which topics should be presented to students. It is expected that, once students acquire this knowledge, they will develop specific Skills (the "S" of the KSA Matrix), enabling them to create or apply something using what they have learned. However, to do so, certain Attitudes (the "A" in the KSA Matrix) are necessary—students must be motivated and willing to engage with the planned content. These, in general, are the core objectives defined by the KSA Matrix.

These components of the KSA Matrix are taken into account when assigning grades to students, which ultimately determines whether they pass or fail [6]. As stated in [7], the KSA components are identified and measured in student work in order to define performance and outcomes.

The KSA components form the starting point for constructing a course syllabus. Thus, the KSA framework supports both the planning of educational content and the evaluation of student learning.



In educational games, KSA components can be used to support the creation of educational content within the game, to guide planning, and to define the challenges that should be incorporated in the game to test the player's progression—progression that is directly related to the player's performance and learning outcomes.

2.2 Game MODding

The Modding culture (Game Modification), or MOD, refers to the modification of a digital game by fans and/or players and the redistribution of the game in a way that alters elements and generates new content. This can lead to significant player engagement and increased game usage time. A good example is Minecraft, developed by Mojang and released in 2009, which continues to be played to this day, being theme of a recent film. One of the factors contributing to Minecraft's continued relevance is the large number of MODs developed for it.

According to [8], the MOD and gaming culture has been positively received by both players and developers and is used to generate new content for existing games— keeping them relevant for longer periods, precisely because they are constantly updated. In [9],[10] and [16], the authors explain that repurposing games for educational objectives is a valuable practice—using games that were not originally developed for teaching and learning purposes but adapting them to incorporate educational content and support teaching and learning processes.

On top of prolonging the longevity of commercial games, modding offers a vibrant culture of creative expression and collaborative learning. Because modding enables participants to not only consume but also co-create content, participants embrace opportunities to develop characters, environments, rules, and even entirely new elements of gameplay. The participatory culture promotes through modding online communities of modders who share tools, tutorials, and feedback promoting peerlearning and technical skills development. Recent studies have suggested that mod development can build competencies in coding, game design, storytelling, and project management, and can thus serve as a productive launch pad into STEAM (Science, technology, Engineering, Arts and Mathematics) fields. From an educational viewpoint, it is advantageous for a course of study to take MODs into account as it can allow educators to scaffold learning objectives in relevant and motivating contexts facilitating learning experiences and can also decrease the time and money spent on building serious games from the ground up. Therefore, modding is good for the gaming industry and serves as an entry point to innovations in game-based learning.

2.3 Test-Drive Development

The goal of software testing is to create automated or semi-automated tests that are applied, if possible, at the early stages of the development process, allowing for the early identification and correction of defects. Software quality cannot be guaranteed through tests performed only at the final stage, when the product is already complete [11].

Test-Driven Development (TDD) was introduced by Kent Beck as a component of Extreme Programming (XP)—a methodology created to facilitate analysis and testing that supports refactoring and continuous integration. However, TDD became popular beyond the scope of XP, standing out for its benefits, such as improved software quality, reduced rework, and optimization of overall development time [12].

TDD is an iterative method focused on software design, closely tied to the practice of testing. It is structured into three main phases: writing the test (Red), implementing the code (Green), and then refactoring (Refactor) [13]. This Red-Green-Refactor (RGR) cycle promotes a disciplined and test-first approach to development, in which tests are not merely an afterthought but a driving force of design decisions. By writing tests before the implementation, developers are compelled to think critically about the desired behavior of their code and the



criteria for success. This often results in simpler, more modular, and more maintainable code, as the need to pass narrowly scoped tests encourages minimal and focused implementations.

The TDD cycle, divided into three steps, works as follows: first, in the Red phase, a test is written for a functionality that has not yet been implemented, ensuring that it initially fails and captures the appropriate exceptions. Next, in the Green phase, the minimum amount of code necessary is written to make the test pass, addressing the identified failure. Finally, in the Refactor phase, the code is improved through refactoring—removing redundancies and enhancing its structure—while ensuring the tests still pass (i.e., remain green) [12]. For this reason, TDD is also known as the RGR methodology (Red-Green-Refactor), or it can be said that the RGR cycle is the foundation of TDD.

2.4 Related Work

As related work, Daily Code [14] stands out—an educational narrative game aimed at teaching programming logic and the C language. In the game, the player assumes the role of a university student who solves everyday tasks (such as taking a shower or making coffee) that are transformed into programming challenges, first expressed in natural language and then implemented in C. Developed using HTML, CSS, and JavaScript, the game was converted into a desktop application using Electron and employs Fooocus for image generation. Although it is not stated whether the game is open-source, the technologies used suggest potential for replication. The content covers conditional structures, loops, and data structures (stack and queue). With a gamified constructivist approach, the game uses metaphors, storytelling, and immediate feedback to foster contextualized learning. Evaluated using the EGameFlow model, it showed good results in clarity, feedback, and learning, though it scored lower in autonomy and immersion.

3 Methodology

The creation of the game Dígito, proposed as a proof of concept in this article, was based on a methodological combination grounded in three pillars: MOD (game modification), the KSA model (Knowledge, Skills, and Attitudes), and TDD (TestDriven Development). The following sections will explain the steps for the development process.

3.1 Open-Source MOD

The initial proposal was to reuse and adapt the open-source project “Unity Project #1” [5], released in 2020 by Unity Technologies, redirecting its original concept toward an educational objective. This reuse was motivated by its low cost, the flexibility offered by open-source code, and the opportunity to apply common practices in Software Engineering, such as the evolutionary model with TDD, which supports cost reduction and increased productivity. The development of the game was based on the OML-ABC conceptual framework [16].

3.2 Applying KSA Matrix

To structure the educational content, the CHA methodology was adopted, which articulates:

- Knowledge/Capabilities (Having the Know-How): Exploration of the fundamentals of HTML and CSS.
- Skills (Knowing How to Do): Practical application of the concepts through challenges in the game.
- Attitudes (Wanting to Do): Encouragement of interest in programming through narrative, exploration, and interactivity.



Based on this framework, a teaching plan was defined and divided into three parts:

1. HTML Fundamentals: structure, tags, lists, links, styling, and integration with CSS.
2. Introduction to CSS: classes, IDs, selectors, and basic syntax.
3. Layout and positioning with CSS: properties such as position, static, relative, absolute, fixed, and visual alignments.

ii.

3.3 Didactic Strategies on Game

Teaching aspects were incorporated as follows in Table 1:

Table 1. Teaching strategies

Teaching strategies	
Collectibles with theoretical content (virtual books).	
Strategy I	
Strategy II	Interactive quizzes triggered by levers, which unlock the character's progress upon correct answers.
Strategy III	Rewards (such as chests and upgrades) that reinforce motivation and encourage the continuation of the journey.

3.4 Applying TDD

The development followed the Red-Green-Refactor cycle, typical of TDD. Features were implemented based on tests that simulated game events (such as death by fall, energy loss, or damage), supported by debug logs integrated into the Unity console. To validate the extent of changes made to the original project, the modifications were classified into seven categories (Coding, Art, Environment, Music and Sounds, Narrative, Mechanics, and Educational Content) and assessed at three levels: slightly, moderately, and heavily modified.

3.5 Evaluating with Players/Students

After completion, the game was tested by 11 students through a mixed questionnaire (open and closed questions) with a Likert scale, aiming to evaluate its effectiveness in teaching web programming and its potential as an engaging/fun game. The data collected will guide future improvements and large-scale validations.

4 Proof of concept

4.1 Platform and tools

The development was carried out using the Unity engine, in its free version, with the C# programming language, integrated with the Visual Studio and Sublime Text IDEs. Unity provided features such as real-time testing, control over mechanics, environments, and detailed debugging, which were essential for monitoring the game's logic and events during gameplay. Figure 1 illustrates the original project environment before the modifications.



Fig. 1. Original game before modding

Figure 2 illustrates the final project environment, after the modifications. Comparing Figure 1 with Figure 2, it is possible to see that the environment was heavily modified, meaning there were significant changes to the setting.



Fig. 2. Game after modding

4.2 Narrative and Educational Content of the game

The game Dígito features a fictional narrative centered on an alien robot who makes a forced landing on the planet Java-P after an accident with its spaceship. To return to its world, the protagonist must explore a group of islands, solve challenges, and seek technical information, aided by a character named Master Javus.

The player's journey unfolds through three chapters set in distinct biomes, with alien environments and a day-night cycle system. Throughout the exploration, the player encounters collectibles, quizzes, and interactive puzzles based on HTML and CSS concepts, which must be solved to progress. These activities reinforce the educational content in a context integrated with the narrative.

In addition to educational elements, the game incorporates environmental exploration and narrative mysteries, such as the cause of the spaceship's crash and the planet's destruction, promoting player engagement through curiosity and problemsolving.

Figure 3 (left) shows part of the game's hand-drawn (2D) concept art, which is part of the game's GDD (Game Design Document). Figure 3 (right) shows a part of the game's gameplay (3D), which is based on the concept art from Figure 3.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional



Fig. 3. Game's concept art, hand-drawn (left) and implemented (right)

When comparing the green character from Figure 1 with the white character from Figure 3-right, and with the other character (NPC: Non-Player Character) in Figure 3right, it can be seen that the modifications related to characters are also extensive (heavily modified in terms of characters).

Figure 4 shows an educational artifact from the game that teaches how to create lists in HTML. There is a text explaining what a list is and which tags are used to create it, along with an image displaying a snippet of code for creating a list.

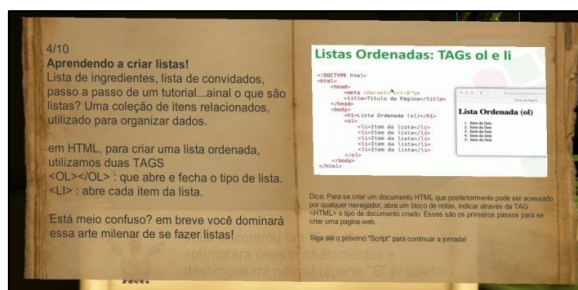


Fig. 4. Artifact with educational content about HTML lists

Figure 5 (left) shows a lever-activation puzzle that requires collectible books to be read in order to understand how the puzzle should be solved in this lever-based dynamic. This lever opens another specific area of the game, allowing the player to progress. At right (in Portuguese), it shows an evaluative part of the game that requires the player to answer a quiz

5 Results

5.1 Participants' profile

Of the 11 participants, 81.8% were male, and all (100%) were between 18 and 28 years old. Regarding familiarity with digital games, 72.8% reported playing weekly or daily, demonstrating a population familiar with the digital medium. Furthermore, 100% had already taken or were currently taking courses related to web programming, confirming the target audience's suitability for the game's purpose.

5.2 Game evaluation – Quantitative Analysis

The following statements, with closed-ended responses and Likert-scale responses, were used to collect data on the experience of players/students:

- 1) I find this game fun.
- 2) I think this game is useful for teaching/training web programming.
- 3) I was able to learn or practice web programming with this game.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- 4) I found the game monotonous/boring.
- 5) I would recommend this game to others.
- 6) I found this game both fun and educational.
- 7) There was something interesting about the game that captured my attention.

These 7 statements were answered on a Likert-scale, with these 5 possible answers: Strongly Disagree; Disagree; Neither Disagree nor Agree (neutral); Agree or Strongly Agree.

The answers to these 7 questions allowed for a quantitative analysis. The responses indicate that most students perceived value in the game's pedagogical proposal:

Regarding statement 1), "I think this game is fun," 18.2% agreed that the game is fun; 36.4% disagreed or strongly disagreed. The remaining 45.5% responded neutrally.

Regarding statement 2), "I think this game is useful for teaching/training web programming," 72.7% of participants agreed that the game can be useful for teaching or training web programming; 9.1% disagreed, and the remaining 18.2% responded neutrally.

Regarding statement 3), "I was able to learn or practice web programming with this game," 54.5% agreed that they were able to learn or practice web programming with the game; 9.1% disagreed and 9.1% strongly disagreed. The remaining 27.3% responded neutrally.

Regarding statement 4), "I found the game monotonous/boring," 27.3% disagreed. 45.5% agreed or strongly agreed. The remaining 27.3% responded neutrally.

Regarding statement 5), "I would recommend this game to others," 18.2% agreed. 63.6% disagreed or strongly disagreed. The remaining 18.2% responded neutrally.

Regarding statement 6), "I found this game both fun and educational," 45.5% agreed. 27.3% disagreed or strongly disagreed. The remaining 27.3% responded neutrally.

Regarding statement 7), "There was something interesting in the game that captured my attention," 45.5% agreed. 45.5% disagreed or strongly disagreed. The remaining 9.1% responded neutrally.

The results of the quantitative evaluation indicate that, although the Dígito game demonstrated pedagogical potential, especially in teaching web programming, it still has limitations in its capacity for playful engagement. Statements such as "the game serves to teach/train web programming" (72.7% agreement) and "I was able to learn or practice programming" (54.5%) reinforce that the educational objectives are being partially achieved. However, only 18.2% of participants found the game fun, and 63.6% would not recommend it to others, highlighting dissatisfaction with the entertainment and immersive experience. Furthermore, 45.5% found the game monotonous or boring, while the same percentage acknowledged that there was something interesting that caught their attention, suggesting that certain design and narrative elements worked, but in a limited way and not integrated into the overall experience.

5.3 Qualitative Analysis

Open-ended question, with free-text response: "Is there anything else you'd like to say about this game, be it criticism, suggestion, or praise? Feel free to express it.". The responses to this open-ended question allowed for a qualitative analysis.



The discursive responses provided important constructive criticism. The most common point mentioned by students was the game's lack of optimization, which negatively impacted gameplay, especially on lower-end devices. Issues such as crashes, slowdowns, and camera glitches were common in the observations.

In addition, participants suggested improvements to the user interface, such as adding a minimap, objective indicators, and adjusting the camera's sensitivity and fixation. Despite these technical limitations, the game's educational and creative potential was recognized. Several participants highlighted the good integration between the game's challenges and HTML and CSS concepts, emphasizing the teaching strategy through interactive puzzles.

5.4 Results of MOD and TDD

To redefine the non-educational digital game to convert it into an educational game, seven aspects of the game were modified. The analysis of the game artifacts revealed different levels of modification across its components. Code, art, narrative, scenario, and educational content were very modified, indicating substantial alterations in these areas. Music and sounds underwent moderate modifications, while the game mechanics experienced less modification compared to the other aspects.

The use of the OML-ABC conceptual framework to guide the conversion of the game into an educational one was a positive choice and yielded excellent results.

6 Conclusions and Further Work

This paper presented the development and evaluation of Dígito, a 3D educational platform game for teaching web programming fundamentals (HTML and CSS). The proposal combined three methodologies: digital game modification (DG), the CHA framework, and the TDD cycle. Using an open-source project enabled rapid prototyping at low cost with good flexibility.

Quantitative evaluation showed that, despite limitations in playfulness and technical aspects, students recognized its pedagogical value: 72.7% agreed the game can teach or train web programming, and 54.5% reported learning or practice. However, only 18.2% considered it fun and 63.6% would not recommend it, indicating the need for improvements in narrative, interface, performance, and usability. Qualitative feedback reinforced these points and suggested features such as a minimap, better camera control, and optimization, while also recognizing the value of integrating puzzles and educational content.

Future work involves optimizing performance, expanding content to JavaScript, testing with larger groups, and developing more adaptive progression and engaging narrative to increase player involvement and educational effectiveness.

7 Acknowledgments

We thank the Research Group “Aplicações em Matemática e Computação” at IFSPCJO for their support.

8 References

- [1] Carvalho, G. R. ; Dembogurski, B.. “A importância dos jogos digitais na educação”. Universidade RIUFF, Niterói, (2018, p.13). Disponível em: https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/8945/1/TCC_GABRIEL_RIOS_DE_CARVALHO%20%281%29.pdf
- [2] Borges, L. F. “Gamificando a Plataforma de Ensino de estruturas de dados debugandoED”, Trabalho



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

de conclusão de curso, Faculdade de computação, universidade federal de Uberlândia, 2023.

- [3] Guinelli, J.V.; Pantoja, C. E.; Lazarin, N. M.; "Projeto De Extensão No Ensino Tecnológico: Ampliando experiências", 2016.
- [4] Såde, M.; Suviste, R.; Luik, P.; Tonisson, E.; Lepp, M. "Factors That Influence Students' Motivation and Perception of Studying Computer Science", 2019.
- [5] UNITY, GitHub 2020. "Unity Project #1 : projeto open source", Disponível em: <https://github.com/UnityTechnologies/open-project-1>
- [6] Amorim, F. K. da S.; Moreira, C. S. "Análise Dos Conhecimentos, Habilidades E Atitudes Desenvolvidas Pelos Discentes De Ciências Contábeis Por Meio Do Problem-Based Learning", 2019.
- [7] BASTOS, T. B. M. C.; BOSCARIOLI, C. "A Competência Docente E Sua Complexidade De Conceituação: Uma Revisão Sistemática", 2021.
- [8] Poderi, 2014. PODERI, G. & Hakken, D. J. Modding a free and open source software videogame: "Play testing is hard work". Transformative Works and Cultures · Mar. 2014.
- [9] Patterson, J. M. "Repurposing Video Games as Discussion Tools", 2024. International Journal of GameBased Learning.
- [10] Stefan, I.; Hauge, J.; Stefan, A.; Lim, T. "Towards Modding and Reengineering Digital Games for Education", 2016.
- [11] Silva De Carvalho, F., Martins Barros, M., Marques Da Silva, M., Martins, M., Mendonça De Souza, S.. "TDD Desenvolvimento Orientado A Testes". Revista De Trabalhos Acadêmicos-Campus Niterói, América do Norte, 0, ago. 2014.
- [12] Wagner, D. P.; Fantoni, F. S. "Aplicando Desenvolvimento Guiado por Testes para Auxiliar na Evolução de Arquiteturas Monolíticas para Microsserviços", 2021.
- [13] Feitosa, Y. R.; Silva, M. A. G.; Fabri, J. A. "Desenvolvimento baseado em testes com aplicação de critérios de teste no ensino introdutório de computação", 2021.
- [14] Biscaia, G. C.; Silva, F. F. da; Campano Junior, M. M.; Aylon, L. B. R. "Daily Code: um prototipo de jogo educativo para ensino de programação", 2024.
- [15] Bayona-Oré, S. "Student Learning Styles in Information Technology", 2023. WSEAS transactions on computer research.
- [16] Silva, J. P. "OML-ABC: um framework conceitual para repropósito de jogos digitais abertos para fins educacionais," Ph.D. dissertation, Programa de Engenharia Elétrica e Computação, Univ. Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brazil, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.mackenzie.br/items/9857dc48a44c-4812-9621-26568ba95c3f>. Accessed: Sep. 8, 2025.





Strategies involving ICT and CBL to explore the family domain during psychological interviews

Eliana M. Ibarra-Cabrera¹[0000-0001-9463-1206], Verónica Luna Ccoa¹[0000-0003-0812-4633], Arturo Zuñiga Blanco¹[0000-0002-8576-3415], Kevin A. Arias-Figueroa²[0009-0003-1627-3564], Luz Liliana Criado Huaylla²[0009-0000-9393-7756] and Manuel J. Ibarra-Cabrera²[0000-0001-6711-4916]

¹ Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. de la Cultura 773 Cusco, Perú
eliana.ibarra@unsaac.edu.pe, veronica.luna@unsaac.edu.pe, arturo.zuniga@unsaac.edu.pe

² Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Av. Garcilazo de la Vega S/N Tamburco, Perú
karias@unamba.edu.pe, lcriado@unamba.edu.pe, mibarra@unamba.edu.pe

Abstract. This study highlights the pedagogical potential of integrating Information and Communication Technologies (ICTs) within psychological interview training, specifically in the exploration of the family domain. Grounded in Challenge-Based Learning (CBL) methodologies, the intervention involved 40 psychology students from a university in Cusco who actively engaged with two digital tools: GenoPro and Dr. Karen Fried's online dollhouse platform. Through structured activities encompassing conceptual exploration, guided practice, and applied implementation, students developed practical competencies for conducting interviews that incorporate technological resources. As a culminating task, participants produced video recordings to demonstrate their application of ICTs in simulated interview scenarios. The outcomes revealed above-average satisfaction levels, with students reporting increased confidence, motivation, and a strengthened ability to apply these tools in diverse academic contexts. Moreover, the findings underscore students' enthusiasm for extending ICT-based approaches to other subjects and courses, reinforcing the relevance of digital tools in contemporary mental health education and training.

Keywords: ICT, challenge-based learning, psychological interview, university students, family domain.

1. Introduction

In the digital age, the use of ICT has transformed various aspects of life, creating new opportunities across professional fields, including mental health. In response to the demands of this evolving world, the integration of ICT in psychological assessment enables the adoption of more comprehensive and agile tools for collecting and analyzing information [1], Considering the processes of psychometric and qualitative assessment [2]. This allows for a transformation in processes, particularly in key components such as family structure and dynamics [3].

Psychological interviews offer the opportunity to gain a comprehensive understanding of the patient, directly involving the family domain, as the relationships within this context play a fundamental role in individual development and the emergence of protective or pathological factors that shape overall health [4].

Challenge-based learning in educational contexts aims to motivate students to be the protagonists of their own learning, in the process of acquiring and applying knowledge to develop academic competences [5]. Its implementation has demonstrated positive effects on student learning [6], Particularly in the enhancement of critical thinking and the formation of new knowledge through the activation of learners' pre-existing cognitive schemas [7]. This strategy facilitates the development of enhanced professional competencies among psychology students.



Chavea [8] notes that the use of ICT presents a range of psychological challenges from understanding its technical components (e.g., devices, applications) to addressing broader human dimensions informed by psychological knowledge in areas such as adaptability, interaction, and mental health. A clear illustration of societal transformation is observed in Generation Z, often characterized as digital natives. Consequently, there is a growing imperative to seek new forms of knowledge, transitioning from traditional paradigms to digital approaches aligned with the temporal context in which we live.

The objective of the study was to demonstrate the applicability of ICTs in the exploration of the family domain of psychological interviews.

2. Literature review

2.1 Challenge-Based Learning (CBL)

Challenge-Based Learning (CBL) is a pedagogical methodology that fosters the development of core academic competencies essential for professional growth [9], while bridging theory and practice to create more effective and contextually relevant learning environments [10].

Students are engaged in challenging scenarios that contribute to a more holistic academic experience [11]. It promotes collaboration among peers and instructors to enhance knowledge through the acceptance of challenges, exploration of alternative solutions, practical application, and dissemination of results [12].

2.2 Information and communication technologies

ICTs are digital tools that make it possible to compile, process, store and transmit information in various formats [13]. In the educational field, the use of ICTs has generated a direct benefit to students, improving the quality of education [14]. Because the learning processes become interactive spaces, with adaptations to the resources and needs of the students using their digital tools [15].

2.3 Psychological interview

The interview is a technique of psychological evaluation and the most frequently used because of its versatility and the broad capacity to collect data from the interviewee [16] evaluation makes it possible to plan, develop and evaluate the interventions carried out.

2.4 Family domain

The family context plays a critical role in psychological interviews, as it provides access to significant information about the user's life. Family dynamics may contribute to symptom escalation and serve as the origin of dysfunctional behavioral patterns [17]. Incorporating families into the evaluation process yields valuable insights and broadens the analytical perspective, facilitating a more comprehensive assessment [18].

3. Related Work

Although few studies to date have examined the intersection of ICT and psychological interviewing—likely due to the complexity of the interview process and the multidimensional nature of the interviewee—prior research has explored the use of ICT and AI within psychological contexts. However, these advances have also raised concerns regarding ethical considerations and the responsible application of such technologies.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Gomez R. [19] in his doctoral dissertation, the author conducted a study involving 111 patients diagnosed with depression, who were randomly assigned to either a lifestyle intervention group (48.6%) or a control group (51.4%). The experimental group received a psychoeducational program focused on healthy lifestyle practices alongside enhanced treatment as usual, delivered through one in-person session and four remote sessions. Participants underwent pre-test and post-test assessments immediately following the program, as well as follow-up evaluations at six and twelve months. The findings suggest that an online program promoting healthy lifestyle guidelines, including balanced nutrition, physical activity, sun exposure, and proper sleep hygiene, can effectively support the management and improvement of depressive symptoms.

Magallon E. [20] analyzed that a scholar from the Faculty of Psychology and the Institute of Neurosciences at the University of Barcelona reviews emerging perspectives on the integration of information technologies in psychological assessment. She highlights a notable increase in the use of computers among psychologists—from 17% in the 1990s to nearly 36% by 2000. Currently, however, technophobia continues to hinder wider adoption, underscoring the importance of technological competence. Consequently, the author emphasizes the need to incorporate targeted training within academic curricula to prepare professionals for effective use of digital tools in clinical practice.

Seivane M.S. and Brenlla M.E. [21] investigated a systematic review of virtual reality (VR) applications in psychological assessment, the authors note that while VR holds great promise for the future of psychological evaluation, current findings remain inconclusive. Spain leads in research output on this topic, followed by England and Italy. Among the reported benefits of VR are its capacity to create controlled yet safe environments that enhance ecological validity; its flexibility in temporo-spatial programming to align with specific experimental objectives; and its ability to simulate diverse sensory experiences that are otherwise difficult to replicate in natural settings.

Rodriguez Zúniga M.A. and López L.A. [22] conducted a study in Mexico explored the ethical implications of using artificial intelligence in the psychological evaluation and diagnosis of patients in Durango. The researchers administered a questionnaire comprising ten open-ended, unstructured items to 250 individuals requiring mental health care. The findings highlighted several potential advantages of AI, including increased diagnostic precision and improved accessibility for rural and low-income populations. However, the study also underscored key ethical concerns, such as threats to privacy and data security, risks of dehumanizing therapeutic interactions, and potential algorithmic biases.

4. Methodology

4.1 Participants

The study was conducted with 40 students enrolled in the third-semester Psychological Interview and Observation course at the Professional School of Psychology, National University of San Antonio Abad of Cusco Perú.

4.2 Context

The Psychological Interview and Observation course comprises three hours of theoretical instruction and two hours of practical training per week. Its primary objective is to equip students with the theoretical frameworks and applied skills necessary for conducting psychological interviews and assessments, enabling them to gather data on the behavioral characteristics of individuals.



4.3 Design

The study employed a non-experimental design with a single group, incorporating a satisfaction questionnaire administered following the implementation of the Challenge-Based Learning (CBL) methodology.

4.4 Data collection instruments

To collect student satisfaction data, the study utilized a questionnaire originally developed by Landa and Ramírez for professional-level courses, which was adapted for the present research. The instrument comprises 19 items measured on a five-point Likert scale, ranging from 1 (lowest satisfaction) to 5 (highest satisfaction).

Additionally, the study employed digital tools for data collection and course management: Google Forms was used to administer the satisfaction questionnaire, while Google Classroom served as the platform for distributing instructional materials and receiving students' final projects, which included videos demonstrating the application of ICT. These tools are officially endorsed by the university and accessible to all students enrolled in the course.

4.5 Procedure

Identification of the challenge

Students are introduced to Challenge-Based Learning (CBL) within the context of psychological interviewing, emphasizing the exploration of multiple domains—including the family context. As part of this process, they learn to construct and interpret genograms: graphic tools that visually represent family structure and interpersonal dynamics [23]. Initially, each student constructs a personal genogram on paper. Subsequently, groups select one genogram to collaboratively reconstruct using symbolic objects such as cubes, dolls, and stuffed animals, as shown in Fig. 1. The activity then transitions to digital practice, where students are introduced to the “GenoPro” software application (see Fig. 2) and guided through the process of replicating their genograms within the software environment. Following this, students explore Dr. Karen Fried’s online dollhouse platform, with instructions provided on its therapeutic indications and practical use. To culminate the exercise, students are tasked with applying the techniques to an interview subject of their choice.

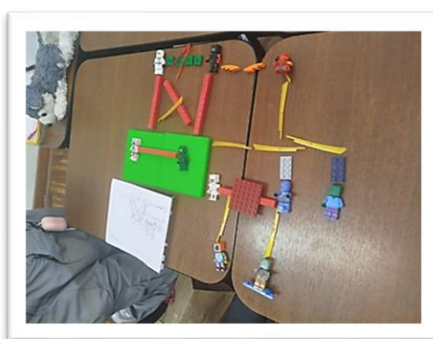


Fig. 1. Genogram assembled by teams using available objects or toys.



Fig. 2. GenoPro software application

Execution

Students working in teams, identify a volunteer for the psychological interview and coordinate the session logistics, including securing informed consent and permission to record. During the interview, they begin with interviewer introductions, explain confidentiality protocols, collect demographic and affiliation data, and observe participant behavior. Following these steps, students apply to one of the selected ICT tools, either GenoPro or Dr. Karen Fried's online dollhouse (see Fig. 3), to facilitate the evaluation process. Upon completion, they thank the participants for their collaboration.

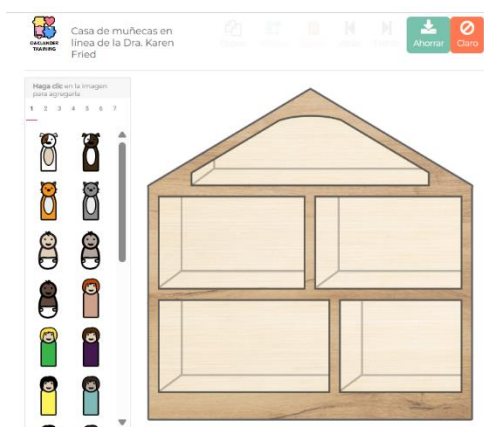


Fig. 3. Online software to draw dollhouse

Subsequently, the students produced videos demonstrating their applied activities, ensuring that participants' faces were not shown to preserve their anonymity. Fig. 4 shows a video using GenoPro software.

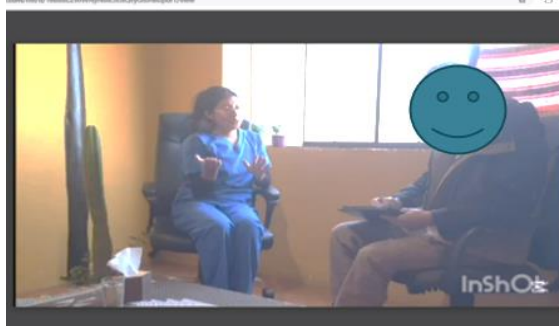


Fig. 4. video using GenoPro software



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Evaluation of satisfaction

Following the interview, each team edits their video to enhance audio and visual quality. Once finalized, the videos are uploaded to Google Classroom for review (See Fig. 6 and Fig. 7). In class, students reflect on the experience, often describing it as reassuring and meaningful. Subsequently, they complete a satisfaction questionnaire. The final product, the video, is assessed using structured rubric

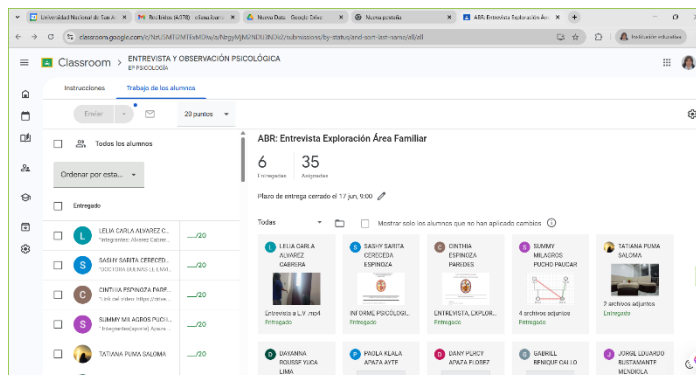


Fig. 6. Videos and files uploaded in Google Classroom



Fig. 7. Online dollhouse activity carried out by a participant

5. Results

Following the implementation of ICTs as Challenge-Based Learning (CBL) strategies to explore the family domain in psychological interviews, student satisfaction was evaluated using a 19-item questionnaire (see Table 1) administered to 40 participants enrolled in the Psychological Interview and Observation course. The instrument employed a five-point Likert scale, where 1 indicated the lowest level of agreement and 5 the highest.

Results indicated a moderate-to-high level of confidence in applying ICTs as an Applied Behavioral Research (ABR) strategy within psychological interviews ($M = 3.77$). Confidence increased after hands-on application and contextual learning ($M = 4.00$), further enhancing students' readiness to apply ABR methods in varied scenarios ($M = 3.82$).

Students also reported that ABR strategies positively impacted their learning ($M = 4.17$), providing collaborative opportunities superior to traditional models ($M = 4.15$). Additional benefits included increased motivation ($M = 3.92$), greater ease in expressing questions and opinions ($M = 4.03$), and development of skills relevant to professional practice ($M = 4.20$).



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Regarding comprehension and curricular alignment, students recognized ABR's role in facilitating understanding of course content ($M = 4.20$), clarifying learning objectives ($M = 4.10$), and improving their overall grasp of the course when compared to traditional methodologies ($M = 4.25$). Consequently, a high level of satisfaction was expressed with the ABR model ($M = 4.22$).

Finally, attitudes toward ICT integration revealed a strong interest in applying these technologies in other academic contexts ($M = 4.40$), with students reporting moderate self-perceived mastery of ICT and ABR tools ($M = 3.62$), alongside high satisfaction with their use ($M = 4.20$).

Table 1. The satisfaction questionnaire.

Item	Mean	Median	SD
1. In general, how confident did you feel about the material on Challenge-Based Learning using ICTs during the exploration of the family area within the psychological interview?	3.77	4	0.73
2. In general, how confident did you feel about Challenge-Based Learning using digital tools during the exploration of the family area within the psychological interview after learning about them?	4.00	4	0.68
3. To date, I feel confident that I can apply Challenge-Based Learning to other challenges and/or cases.	3.82	4	0.81
4. Based on your experience in this class, how valuable do you consider Challenge-Based Learning, using ICT during the exploration of the family area within the psychological interview for your learning?	4.17	4	0.78
5. I consider that the Challenge-Based Learning Model offers me more opportunities to get to know and collaborate with my classmates than the Traditional Model.	4.15	4	0.80
6. I feel more motivated to do the course activities in the Challenge-Based Learning Model that I have learned in class.	3.98	4	0.83
7. I feel more motivated to participate in class using the Challenge Learning Model.	3.92	4	0.94
8. I consider that the Challenge-Based Learning Model favors communication between the teacher and the students more than the Traditional Learning Model.	4.20	4	0.88
9. I consider that the Challenge-Based Learning Model favors communication with my classmates more than the Traditional Learning Model.	4.10	4	0.81
10. With the Challenge-Based Learning Model it is easier for me to express my doubts and opinions in the classroom.	4.03	4	0.77
11. I can say that the Challenge-Based Learning Model makes the course content easier to understand compared to a "traditional" class.	4.20	4	0.69
12. I can say that the Challenge-Based Learning Model makes the course content easier to understand compared to a "traditional" class.	4.25	4	0.74
13. I believe that the Challenge-Based Learning Model using ICTs helps me to develop skills that will be of value in my professional development.	4.20	4	0.79
14. In the future I would like to take other subjects and/or courses under the Challenge-Based Learning Model.	4.17	4	0.68
15. In the future I would like to take other subjects and/or courses with ICTs.	4.40	4	0.59
16. I would recommend other students to use the Challenge-Based Learning Model and the use of ICTs in other courses.	4.38	4	0.63



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

Item	Mean	Median	SD
17. After this experience, I consider that I have mastered the Challenge-Based Learning Model and the use of ICTs during the exploration of the family area in the psychological interview.	3.62	4	0.93
18. In general, I enjoyed working with the Challenge-Based Learning Model during the course?	4.22	4	0.70
19. In general, I enjoyed working during the course with the use of Tic's during the exploration of the family area in the psychological interview.	4.20	4	0.82

The results indicate that ICTs contribute meaningfully to the exploration of the family domain during psychological interviews. When integrated with Challenge-Based Learning (CBL), these technologies enhance student motivation and foster the development of skills aligned with course competencies. Moreover, the incorporation of ICT tools facilitates data collection during interview practice, promoting greater openness and responsiveness among interviewees.

6. Conclusions and future work

This research highlights the value of ICTs in enhancing student learning within the Psychological Interview course, particularly for exploring the family domain during interview practice. Successful implementation requires prior introduction and hands-on use of ICT tools before applying them with real interview subjects. All instructional materials, including the final assignment, a video demonstrating ICT application, were made available via Google Classroom, ensuring equitable access for all students.

The findings suggest that ICTs can serve as effective tools for mental health professionals when exploring various areas, especially family dynamics, within psychological interviews.

Future work will extend the use of additional ICTs to support both psychological interviewing and broader assessment practices. Recognizing the ubiquity of mobile devices and internet access, we also plan to develop applications that simulate virtual interview settings, allowing students to engage with case-specific scenarios in a digital environment

7. References

1. Santamaría P, Departamento de I+D+i de Hogrefe TEA Ediciones, Sánchez-Sánchez F, Departamento de I+D+i de Hogrefe TEA Ediciones (2021) Cuestiones abiertas en el uso de las nuevas tecnologías en la evaluación psicológica. *Pap Psicol* 43:. <https://doi.org/10.23923/pap.psicol.2984>
2. Burga León AA (2019) Aplicaciones de la tecnología a la evaluación psicométrica. *PyR* 8:. <https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7nspe.318>
3. Elosua P, Aguado D, Fonseca-Pedrero E, et al (2023) New Trends in Digital Technology-Based Psychological and Educational Assessment. *Psicothema* 1:50–57. <https://doi.org/10.7334/psicothema2022.241>
4. Marín Iral MDP, Quintero Córdoba PA, Rivera Gómez SC (2019) Influencia de las relaciones familiares en la primera infancia. *Poiésis* 164–183. <https://doi.org/10.21501/16920945.3196>
5. Helker K, Bruns M, Reymen IM, Vermunt JD (2025) A framework for capturing student learning in challenge-based learning. *Active Learning in Higher Education* 26:213–229. <https://doi.org/10.1177/14697874241230459>
6. Hadgraft RG, Kolmos A (2020) Emerging learning environments in engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education* 25:3–16. <https://doi.org/10.1080/22054952.2020.1713522>
7. Tang ACY, Chow MCM (2020) To evaluate the effect of challenge-based learning on the approaches to learning of Chinese nursing students: A quasi-experimental study. *Nurse Education Today* 85:104293. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.104293>
8. Chaves G (2025) Psicología en la era digital IA y otras tecnologías aplicadas. ECOE Ediciones





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

9. Alvarez M, Ferrández D, Morón C, Morón A (2024) CHALLENGE-BASED LEARNING IN PHYSICAL PRINCIPLES OF STRUCTURES: A 3D EXPERIENCE. In: INTED Proceedings. IATED, Valencia, Spain, pp 4764–4770
10. Leijon M, Gudmundsson P, Staaf P, Christersson C (2022) Challenge based learning in higher education– A systematic literature review. *Innovations in Education and Teaching International* 59:609–618. <https://doi.org/10.1080/14703297.2021.1892503>
11. Schutte BG, Bayram D, Vennix J, Van Der Veen J (2025) Exploring the implementation of challenge-based learning for sustainability education in Dutch secondary education: teachers' experiences. *Environmental Education Research* 31:1166–1192. <https://doi.org/10.1080/13504622.2025.2458723>
12. Nichols M, Cator K, Torres M (2016) Challenge based learner user guide. Digital Promise.
13. Cruz Pérez MA, Pozo Vinuesa MA, Andino Jaramillo AF, Arias Parra AD (2018) Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como forma investigativa interdisciplinaria con un enfoque intercultural para el proceso de formación de los estudiantes. *e-Ciencias de la Información*. <https://doi.org/10.15517/eci.v1i1.33052>
14. Torras Virgili ME (2021) Emergency Remote Teaching: las TIC aplicadas a la educación durante el confinamiento por COVID-19. *IJTEI* 7:122–136. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2021.v7i1.9079>
15. Gallo Macias GG, Cañas Suarez AJ, Campi Mayorga JA (2021) Aplicaciones de las TIC en la educación. *RECIAMUC* 5:45–56. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(2\).abril.2021.45-56](https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(2).abril.2021.45-56)
16. De La Barrera Marzal U, Mónaco Gerónimo E, Valero-Moreno S (2023) Aplicación de metodología de innovación docente: Entrenamiento en técnicas de entrevista psicológica mediante un juego de escape. *InnovEd* 25:185–197. <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4247>
17. Saroca K, Sargent J (2022) Understanding Families as Essential in Psychiatric Practice. *FOC* 20:204–209. <https://doi.org/10.1176/appi.focus.20210035>
18. Waller S, Reupert A, Ward B, et al (2019) Family-focused recovery: Perspectives from individuals with a mental illness. *Int J Mental Health Nurs* 28:247–255. <https://doi.org/10.1111/inm.12528>
19. Gómez R (2019) Eficacia y coste-efectividad de la investigación estilo de vida saludable aplicada por medio de TICS para el tratamiento de la depresión en atención primaria: un estudio controlado. *Universitat de les illes Balears*
20. Magallón E (2022) Evaluación Psicológica: Perspectivas emergentes basadas en la tecnología de la información. *Universitat de Barcelona*
21. Seivane MS, Brenlla ME (2022) Aplicaciones de la realidad virtual en el campo de la evaluación psicológica: una revisión sistemática. *Aloma* 40:21–31. <https://doi.org/10.51698/aloma.2022.40.2.21-31>
22. Rodríguez Zúñiga MA, López Zúñiga LA (2024) La Ética de Usar Inteligencia Artificial en la Evaluación Psicológica y Diagnóstico de Pacientes en Durango, México. *Ciencia Latina* 8:423–446. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12278
23. McGoldrick M, Gerson R, Petry S (2009) Genograms: Assessment and Intervention. *Br J Psychiatry* 194:95–95. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.108.052589>





Collaborative Framework for Digital Transformation in Higher Education Institutions: Conceptual Proposal and Validation

Alex Torres ¹ <https://orcid.org/0000-0003-3830-3982>, César Collazos ² <https://orcid.org/0000-0002-7099-8131>
Julio César Ponce ³ <https://orcid.org/0000-0002-1062-5288>, Alicia Mon ⁴ <https://orcid.org/0000-0001-6365-9943>
Jaime Muñoz Arteaga ⁵ <https://orcid.org/0000-0002-3635-7592>

¹ ComfacaUCA-UnicomfacaUCA University Corporation, Popayán, Colombia
atorres@unicomfacaUCA.edu.co

² University of Cauca, Popayán, Colombia
ccollazo@unicaUCA.edu.co

³ University of Aguascalientes julio.ponce@edu.uaa.mx

⁴ National University of La Matanza, Buenos Aires, Argentina
alicialmon@gmail.com

⁵ Autonomous University of Aguascalientes jaime.munoz@edu.uaa.mx

Abstract: Digital transformation in Higher Education Institutions (HEIs) represents a strategic challenge that demands systemic, adaptive, and participatory approaches. This article presents the Collaborative Framework for Digital Transformation (CFTD), a conceptual model designed to guide the diagnosis, planning, and assessment of digital maturity in HEIs, with an emphasis on the Latin American context. The CFTD is structured into four hierarchical levels (foundations, measurement, indicators, and collaboration) and five key dimensions: governance and digital culture, core institutional processes, technological infrastructure, human capital, and institutional analytics. Its distinctive feature is the integration of collaboration as a cross-cutting axis, grounded in principles of collaboration engineering and participatory methodologies. The framework was validated through expert judgment, using a mixed questionnaire (quantitative and qualitative) administered to nine specialists in digital transformation and higher education. The results showed a high level of agreement, with an average score above 4.5 for relevance, clarity, applicability, and strategic value. The validation also highlighted the potential for strengthening structural aspects and supporting future technological implementation. It is concluded that the MCTD is a relevant, flexible, and context-sensitive tool, with the potential to serve as a strategic foundation for managing digital change in HEIs.

Keywords: Digital Transformation, Framework, Digital Maturity

1. Introduction

Digital transformation (DT) has become a strategic imperative for Higher Education Institutions (HEIs) globally, going beyond technological adoption and entailing structural changes in management, mission processes, and organizational culture (Castro Benavides et al., 2020). In Latin America, the COVID-19 pandemic accelerated this need, highlighting limitations in infrastructure, digital skills, technological governance, and adaptability (García-Peñalvo, 2021).

Various international models have sought to guide TD in the education sector, such as EDUCAUSE, JISC, Gartner, DigCompEdu, and the IDB's digital maturity model. However, they present significant gaps: poor adaptation to the Latin American context, limited inclusion of collaboration as a structural principle, and insufficient integration between mission, organizational, and technological dimensions (Torres et al., 2024).

A review of the literature and institutional experiences shows that many HEIs operate with fragmented digitalization processes, lacking alignment with their development plans or participatory change management



mechanisms (Clerck, 2017; López et al., 2021). This raises the need for a comprehensive and contextualized model that articulates strategic, technological, and organizational aspects from a collaborative perspective.

In response, the Collaborative Framework for Digital Transformation (CFTD) is proposed, conceived as a conceptual and methodological tool that promotes the co creation of solutions, institutional co-responsibility, and continuous organizational learning, based on principles of systems engineering, collaborative engineering, usercentered design, and applied educational research.

The MCTD articulates five key dimensions: (1) Governance and Digital Culture, (2) Mission and Management Processes, (3) Infrastructure and Technological Services, (4) Human Capital and Digital Competencies, and (5) Institutional Analytics and Data Management, all of them crossed by a transversal component of collaboration.

This article is organized into eight sections. Section 2 presents the foundations of the model; Section 3 presents its general structure; Section 4 presents its dimensions and indicators; Section 5 presents the collaborative component; Section 6 presents expert validation; Section 7 presents the discussion of findings; and Section 8 presents conclusions and recommendations.

2. Conceptual and methodological foundations of the MCTD

The MCTD is based on a comprehensive vision of digital transformation as a systemic, transversal, and progressive process that entails a profound reconfiguration of organizational culture, management models, and the relationships between institutional actors. This conception aligns with contemporary perspectives that integrate technical, pedagogical, and organizational aspects (García-Peñalvo, 2021; Torres et al., 2024).

The Inter-American Development Bank's (IDB) Digital Maturity Model is adopted as the primary reference framework due to its relevance in the Latin American context (Rodríguez & Gómez, 2022). This model is complemented by recognized international frameworks such as:

- JISC Digital Capabilities (UK), for the development of digital skills of staff.
- EDUCAUSE Dx (USA), focused on leadership, culture, data and processes.
- DigCompEdu (European Union), aimed at digital teaching competence (Redecker, 2017).
- Gartner Digital Maturity Model for institutional strategic and technological analysis (Ochoa, 2016).

A distinguishing feature of the MCTD is the integration of institutional collaboration as a cross-cutting axis, based on the principles of Collaboration Engineering (Kolfshoten & Briggs, 2015; Répiso et al., 2022), which promotes participatory processes, co-creation of solutions and organizational learning.

Methodologically, the model is based on four pillars:

- a) Conceptual engineering, to structure hierarchical levels and functional relationships;
- b) User-centered design, integrating the real conditions of HEIs;
- c) Collaboration engineering, which ensures shared governance; and
- d) Applied educational research, which guides the construction of tools validated in context.

The combination of these approaches makes the MCTD a flexible, scalable, and useful tool for both diagnostics and planning and monitoring institutional digital progress.



3. General Structure of the Framework for Digital Transformation in Higher Education Institutions MCTD

The MCTD is a systemic, hierarchical, and adaptive model designed to guide HEIs through comprehensive and sustainable digital transformation processes. Its structure comprises four interdependent levels that allow for the articulation of foundations, measurement, evaluation, and collaborative integration.

- Level 1: Conceptual and methodological foundations. Consolidates the theoretical and methodological framework of the model, including references such as IDB, EDUCAUSE, JISC, DigCompEdu, and Gartner, as well as the principles of collaboration and user-centered design (Répiso et al., 2022).
- Level 2: Digital Maturity Measurement Process (DMMP). This process allows for diagnosing the state of digital maturity in each dimension, using a progressive scale ranging from "Initial" to "Transformative." This scale guides strategic planning and institutional monitoring.
- Level 3: Assessment Indicators. Includes three types of indicators aligned with the maturity levels:
 - a) Maturity Questions (CMTD): qualitative questions that guide self-assessment;
 - b) Evidence Indicators (IETD): observable institutional practices;
 - c) Quantitative Indicators (TICD): objective metrics.
- Level 4: Collaborative component (cross-cutting axis). It articulates processes of co-creation, participation, and shared governance, promoting institutional ownership and the sustainability of digital change (Kolfshoten & Briggs, 2015).

This multilevel approach allows the MCTD to be adaptable to diverse institutional realities, facilitating the transition from initial diagnostics to advanced innovation and digital transformation processes. The following section details the key dimensions of the MCTD, its subdimensions, and the indicators that allow operationalizing the institutional digital transformation process.

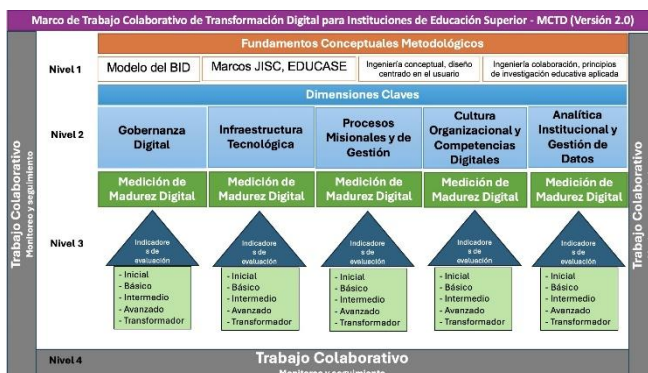


Fig. 1 Collaborative Framework for Digital Transformation for HEIs

4. Measuring Digital Transformation Maturity

Digital transformation in HEIs requires systematic assessment mechanisms that guide planning, monitoring, and continuous improvement. In this context, the MCTD incorporates a comprehensive digital maturity measurement system adapted to the Latin American context (Rodríguez & Gómez, 2022), composed of a scale of levels, five key dimensions, specific subdimensions, and three types of indicators.



4.1 Digital Maturity Levels Scale

Based on the IDB model, the MCTD establishes five progressive levels:

1. Initial : Limited use of technologies and absence of digital policies.
2. Basic : Isolated digitalization initiatives, with an incipient vision.
3. Intermediate : Defined policies, functional structures and ongoing training.
4. Advanced : Full integration of TD into the institutional strategy and systematic use of data.
5. Transformer: Collaborative innovation, advanced analytics, and leadership in inter-institutional networks.

4.2 Key Dimensions of MCTD

Based on the comparative analysis of international frameworks (EDUCAUSE, IDB, JISC, Gartner, DigCompEdu), five essential dimensions were defined:

- Governance and Digital Culture
- Mission and Management Processes
- Infrastructure and Technological Services
- Human Capital and Digital Skills
- Institutional Analytics and Data Management

These dimensions allow for a comprehensive assessment of the digital ecosystem of HEIs.

4.3 Subdimensions

Each dimension includes subdimensions that specify critical assessment elements. For example:

- In Governance and Digital Culture : strategic vision, leadership structures and change management.
- In Human Capital : digital skills, training plans and digital leadership.

These subdimensions allow the diagnosis to be adapted to the specific realities of each institution.

4.4 Evaluation Indicators

For a robust measurement, the MCTD proposes:

- CMTD (Maturity Issues) : Qualitative guiding formulations.
- IETD (Evidence Indicators) : Observable institutional evidence.
- TICD (Quantitative Indicators) : Objective data as % of trained teachers.

This triangulation ensures a balanced assessment from a qualitative, practical, and numerical perspective, strengthening evidence-based decision-making.

5. The Collaborative Component as a Cross-Cutting Axis of the MCTD

One of the distinctive elements of the MCTD is the incorporation of institutional collaboration as a structuring axis. Unlike models focused exclusively on technology or regulations, the MCTD promotes a co-created, shared, and collectively validated digital transformation.



5.1 Theoretical foundation

Collaboration Engineering, which designs sustainable, results-oriented collaborative processes that are adaptable to complex institutional contexts (Kolfshoten & Briggs, 2015; Répiso et al., 2022). It also draws on models such as CommunitySensor (de Moor, 2018), which use digital tools to map collaborative networks.

5.2 Application in the MCTD

Collaboration is operationalized through:

- Institutional co-design with diverse actors.
- Structured facilitation using methodologies such as Design Thinking, focus groups or Delphi.
- Participatory construction of policies and guidelines.
- Virtual and physical collaborative spaces (intranets, platforms, communities).
- Collaborative continuous assessment integrating multiple perspectives.

5.3 Relationship with the Dimensions of the MCTD

The collaborative component runs through all dimensions of the model:

- In Governance, it promotes distributed leadership and a culture of coresponsibility.
- In Processes, it allows for user-oriented participatory redesign.
- In Infrastructure, it ensures alignment with real needs.
- In Human Capital, it strengthens collaborative learning.
- In Analytics, he drives the ethical use and sharing of data.

5.4 Proposed methodology

A five-phase methodology is suggested:

1. Analysis of the collaborative context.
2. Structured design of the activity.
3. Collaborative facilitation with techniques such as ThinkLets (Kolfshoten et al., 2006).
4. Documentation and feedback.
5. Continuous evaluation and improvement.

The collaborative component is not an accessory, but an organizing principle that ensures legitimacy, relevance and sustainability in digital transformation processes (Fernández Martínez et al., 2019).

6. Validation of the Collaborative Digital Transformation Framework (MCTD) with Experts

Validation of the MCTD was a critical phase to ensure its internal consistency, contextual relevance, and applicability in Latin American HEIs. The expert judgment technique was employed using a mixed questionnaire (quantitative and qualitative) based on the model and administered to nine specialized professionals.

6.1 Objective and methodology

The objective was to evaluate the clarity, feasibility, and strategic utility of the MCTD, as well as to identify recommendations for its improvement. A variant of the modified Delphi method (Okoli & Pawlowski, 2004) was used, applying a single round with a Likert-type scale (1 to 5) and open-ended questions.



The experts were selected based on educational criteria (minimum master's degree), experience in institutional management, digital transformation, or model evaluation, and institutional and geographic representativeness.

6.2 Quantitative results

The results show averages above 4.5 in all the dimensions evaluated:

Table 1. Summary by thematic blocks

Criterio	Media Promedio	Desv. Estándar
Pertinencia	4.56	0.30
Claridad	4.56	0.24
Aplicabilidad	4.52	0.13
Utilidad estratégica	4.56	0.23

The statements with the greatest consensus were: a) The model responds to a real need, b) It maintains structural coherence, and is useful for continuous improvement processes.

The areas for improvement identified include: a) Clarity in the relationship between levels and subdimensions, b) More explicit justification of the collaborative component, c) Contribution to the sustainability of digital change.

6.3 Qualitative results

Among the strengths the experts highlighted: a) The incorporation of the collaborative approach, b) The usefulness of the measurement process (PMMD), c) The contextualization to the Latin American environment.

Recommendations include: a) Clarify structural concepts, b) Incorporate practical examples, c) Design a future user -friendly technological tool.

6.4 Validation Conclusions

The results of the expert review support the content validity of the MCTD highlighting its alignment with real needs, its comprehensive approach, and its potential for practical application. It is recommended that some structural elements be adjusted and a pilot phase be conducted in real institutions before scaling up.

7. Discussion

The Collaborative Framework for Digital Transformation (CDF) offers a renewed and contextualized approach to addressing digital transformation in HEIs, standing out for its structural collaborative component its comprehensive approach, and its adaptability to the Latin American context.

7.1 Comparison with existing models

Unlike frameworks such as BID, EDUCAUSE Dx, JISC and DigCompEdu which provide valuable elements (digital maturity, leadership, competencies), the MCTD:



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

- Integrate these contributions into a structured operational architecture .
- Incorporating collaboration as a cross-cutting axis beyond leadership or culture.
- It presents a hierarchical maturity scale oriented towards planning and continuous improvement.
- It is validated and contextualized for direct application in Latin American HEIs (Rodríguez & Gómez, 2022; Torres et al., 2024).

7.2 Strengths of the Proposed Approach

Key contributions include: a) Clear articulation between dimensions, subdimensions, and indicators. b) Evaluation based on three types of evidence: qualitative, empirical, and quantitative. c) Practical applicability proven through validation with experts. d) Promotion of participatory processes, distributed leadership, and a culture of coresponsibility.

7.3 Challenges for its Implementation

The deployment of the MCTD may face obstacles such as:

- Institutional resistance to change or low digital culture.
- Limitations in infrastructure and human talent.
- Need for training in collaborative methodologies e.g. ThinkLets, Design Thinking).
- Difficulties in systematizing data in institutions with low analytical maturity.

7.4 Institutional and Academic Implications

The MCTD has the potential to:

- Guide inclusive digital policies.
- Support strategic planning and self-assessment processes.
- Promote collaborative innovation and the ethical use of technology.
- Serve as a basis for future research on digital maturity, institutional performance, and organizational transformation in higher education.

8. Conclusions and Recommendations

This article presented and validated the Collaborative Framework for Digital Transformation (CDF) as a comprehensive, adaptable, and collaborative tool designed to guide HEIs in sustainable digital transformation processes.

8.1 Main conclusions

- The MCTD articulates five key dimensions (governance, processes, infrastructure, human capital, and analytics), integrated by a cross-cutting collaboration component.
- Its hierarchical structure (foundations, measurement, indicators and collaboration) allows for guiding diagnostics, planning and continuous improvement.
- Evidential and quantitative indicators strengthens evidence-based decisionmaking.
- Validation with experts confirms its relevance, applicability, and potential as an institutional management tool in Latin American HEIs.
- In contrast to frameworks such as the IDB, JISC, or EDUCAUSE, the MCTD stands out for its structured collaborative approach, regional contextualization, and practical orientation.



8.2 Recommendations for Implementation

1. Adapt the model to the organizational culture of each HEI, through awarenessraising and training.
2. Form interdisciplinary teams that lead the diagnosis and application by dimension.
3. Apply the indicators progressively, starting with maturity issues.
4. Promote dynamic participatory processes e.g. co-creation, workshops, ThinkLets).
5. Integrate technological support tools to systematize results and generate reports.

8.3 Recommendations for Future Research

- Develop a technological platform that operationalizes the MCTD (dashboards, maturity paths, collaborative spaces).
- Apply the model in pilot studies in different types of HEIs.
- Investigate the relationship between digital maturity and institutional performance.
- Compare the MCTD with emerging frameworks in other cultural contexts.

9. References

1. Castro Benavides, L.M., Tamayo Arias, J.A., Arango Serna, M.D., Branch Bedoya, J.W., & Burgos, D. (2020). Digital transformation in higher education institutions: A systematic literature review. *Sensors* (Basel, Switzerland) 20 (11), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s20113291>
2. Clerck, J. (2017). Digitalization and Digital Transformation . <https://www.iscoop.eu/digital-transformation/digitization-digitalization-digital-transformation-disruption/>
3. García-Peñalvo, FJ (2021). Avoiding the dark side of digital transformation in teaching.
4. An institutional framework for eLearning in higher education. *Sustainability* (Switzerland) 13 (4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13042023>
6. López, C.P., Aguilar, J., & Santorum, M. (2021). Industry 4.0-based autonomous vehicle (OV) management: A systematic literature review. *Journal of Intelligent Manufacturing* . <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01850-8>
7. Torres, A. A., Collazos, C. A., & Mon, A. (2024). Literature review on models or frameworks for implementing digital transformation processes. *Journal of Computer Science and Technology* (Argentina) 24 (2), 153–167. <https://doi.org/10.24215/16666038.24.e15>



Teachers' Perceptions of Linguistics Needs in Mexican University Students: An Exploratory Study to Create Open Educational Resources

Alma Eloisa Rodríguez Medina¹[0009-0004-8924-2176], David Martínez Cerqueda¹[0009-0005-3647-1300], María del Pilar Balbuena Ortega¹[0009-0004-4772-3940], Claudia Estela Buenfil Rodríguez¹[0009-0008-9678-0166]

¹ Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México
{mbalbuena,davimartinez,almrodriguez,clbuenfil}@uv.mx

Abstract. In the university context, language studies are numerous and varied. This study sought to give voice to the professors at this level. The aim was to identify the perceptions of a group of university English professors of an English BA program to understand their perspective on the needs of their students. Participants' reflections were obtained through semi-structured interviews and analyzed using a qualitative approach. The findings suggest the need for free, high-quality Open Educational Resources (OER) that consider students' diverse learning styles. One aspect that particularly caught the researchers' attention was the need to create educational resources for vulnerable students and students with special needs. Thus, the objectives of the first part of this study were achieved; furthermore, the results provided may lend themselves to be replicated in similar contexts and programs and eventually contrast results.

Keywords: English Learning, Higher Education, Open Educational Resources, Teachers' Perceptions.

1. Introduction

In recent decades, achieving English language proficiency has had a significant influence as a key competency for academic, professional, and scientific development, becoming a considerable requirement in higher education for non-native English speakers. This proficiency might enable students to communicate complex ideas in lectures, participate in debates, and use academic texts [1]. It has also had a strong impact on the labour market and the employment opportunities pursued by university students from Hispanic countries. In this regard, Agustina et al. (2024) have mentioned that a greater command of English improves business results, while intercultural communication barriers often complicate international transactions.

Higher education institutions are implementing different strategies to help students improve their academic skills in English [1]. In Mexico, public higher education institutions that teach English as a foreign language face several challenges related to the diversity of students due to their different socioeconomic, cultural, and linguistic backgrounds, learning styles, and physical and mental abilities. These challenges have led to an attempt to adapt English teaching and learning processes to students' needs. However, in some Mexican contexts, like the public university where this inquiry was conducted, certain linguistic difficulties continue to prevail among students in the bachelor's degree in English Language and English Didactics (LIDI, by its acronym in Spanish). LIDI teachers, as important actors in this educational process, have intimate and in-depth knowledge of their students' linguistic needs. Therefore, their perceptions are a valuable source of information that could guide the design of a relevant pedagogical proposal to support LIDI students in their learning and mastering English.

In this context, Open Educational Resources (OER) are considered a possible alternative for adapting LIDI curricular content and strategically implementing them as a complement to language classes, thereby supporting the development of language skills in students who are experiencing difficulties in certain areas of English learning. The choice of OER as an alternative solution lies in the positive impact they have had on improving certain skills, such as speaking English.



It is important to point out that this work is part of a broader research project entitled ‘Production of Open Educational Resources for Language Teaching and Learning’ which adopts a user-centered methodology known as Design Thinking, constituting an innovative element for the creation of OERs that would allow us to thoroughly understand the needs and context of the end user, in this case, university students of English. Thus, the objective of this study was to identify the perceptions of a group of university English professors of an English BA program to understand their perspective on the needs of their students.

2. Theoretical Framework and Related Work

2.1 Teaching foreign languages in Mexican Higher Education

In higher education, English proficiency is increasingly considered important to ease the internationalization of universities in areas such as student and staff mobility, research collaboration and partnerships, and the international recruitment of staff and students [2]. However, in the Mexican public universities’ context, English language teaching continues to face certain systematic challenges, such as common core English programs at universities that start from beginner level for the third or fourth time, after a decade or more of English classes at school, and generally do not take most students beyond the A2 level [3]. Davies [4] states that the National English Program [in Mexico] can be considered inadequately designed and still does not cover many schools, which causes problems for the teaching of English as a foreign language (ELT) at higher school levels due to the still irregular coverage at lower levels. Despite the existence of these programs, significant gaps persist in teacher training, access to appropriate materials, and the implementation of innovative methodologies [5].

Additionally, the sudden change caused by the COVID-19 pandemic led to a rethinking of the way classes were taught in new virtual learning modalities and environments. In this regard, [6] point out that, with the change in the learning concept, teachers must also think about learning resources, which are the most important elements today. Furthermore, learning activities have guided students to be independent in utilizing learning resources. Moreover, open educational resources (OER) are easier to access and use by everyone with an internet connection (p. 441).

It is worth mentioning that the Mexican public university where this inquiry was carried out has been promoting the use and creation of OER at the institutional level since 2020, as part of a project promoted by the National Autonomous University of Mexico (UNAM) known as the University Learning Network (RUA-MX). This is a collaborative network made up of higher education institutions in the country that offer digital educational resources to strengthen the teaching-learning processes of undergraduate and graduate students [7]. In this sense, OER emerged as an innovative strategy for [8], through its own platform known as RUAUV-MX (<https://innovarua.uv.mx/portal/>), which aims to support the teaching-learning process by hosting open, free, and educational resources associated with the study plans and programs of the educational offer of the UV.

After a decade of the initial declaration, OERs are part of a movement that has advanced with the support of international organizations, educational institutions, and individuals from many countries around the world [9]. The term ‘Open Educational Resources’ comes from the 2002 UNESCO Forum on the Impact of Open Courseware for Higher Education in Developing Countries.

According to [10], the idea of OER has become widespread in education around the world and although there is no canonical definition, the 2019 UNESCO recommendation defines OER as learning, teaching and research materials in any format and medium that reside in the public domain or are under copyright that have been released under an open license, that permit no-cost access, re-use, re-purpose, adaptation and redistribution by others (p. 5).



2.2 Open Educational Resources (OER) in English Teaching as a Foreign Language

The UNESCO Basic Guide to OER [11] explains that an OER can be any educational resource, such as curriculum maps, course materials, textbooks, streaming videos, multimedia applications, podcasts, and any material designed for teaching and learning. OER have emerged as an integral method of communication or for resource-based learning because they have great potential to support educational transformation due to their ease of sharing in digital format through the Internet. The main characteristic that distinguishes an OER from any other educational resource is its license, which allows its reuse and adaptation without prior authorization from the copyright holder.

Studies like the one conducted in 2021 in Thailand with 189 university students, a pre-test/post-test showed that, after exploring a set of OERs for 19 days, participants showed a significant improvement in their English performance during online classes during the COVID-19 pandemic [12].

In the Latin American context, the benefits of OER in English teaching have also been explored. A study conducted by [13] in Bogotá, Colombia, integrated OER into an English course at a private university to innovate the teaching process of English as a foreign language (EFL) by using open educational resources to develop oral expression in students with a B1 level. The results of this study showed that students improved their speaking and communication skills in English after using OER. Furthermore, OER helped them develop an autonomous learning style and improve their digital skills.

2.3 The English teachers' role in the design, use, and reuse of OER

The advantages that OER offer in the teaching of English are not recent. Two case studies carried out in 2013 on the use of OER in language teaching and learning in higher education [14] highlighted the importance of including faculty in the development, dissemination, and reuse of OER and suggested empowering teachers through early participation in projects addressing OER. Similarly, the study by [15] found positive results from the use of OER, which benefited teachers' English language teaching and, consequently, student learning.

Involving teachers in the design, use, and reuse of OER is a fundamental aspect that higher education institutions must consider, since OER, like any other educational resource or material, requires a didactic design that eases the learning of certain content by students [16]. In this regard, the role of teachers is relevant in the early stages of OER design, especially in identifying educational needs. Teachers' perceptions are likely to lay the groundwork for designing OERs that are more contextualized to the sociolinguistic, educational, and cultural characteristics of specific student groups.

3. Methodology

Since the purpose of this study was to understand a phenomenon in a specific area of knowledge, A qualitative approach was conducted as it best addresses the interests of the study, as Hernández [17] explains. Qualitative research focuses on understanding phenomena by exploring them from the perspective of participants in a natural setting and in relation to their context. The qualitative approach is chosen when the purpose is to examine how individuals perceive and experience the phenomena around them, delving into their perspectives, interpretations, and meanings (p. 358).

It is recognized that the information collected here is not intended to be generalized to broader populations, but that it can provide clues to understand, through in-depth data analysis, the needs of a specific environment and, in due course, to meet teaching needs. Within the qualitative paradigm, we propose this exploratory case study as a possibility of finding general clues through the understanding of study phenomena, so this proposal considers the case study as [18] do. Furthermore, the qualitative researcher could adopt one or more perspectives or approaches, such as phenomenological, ethnographic, hermeneutic, symbolic interactionist, feminist, Marxist, racial, or gender [19]. Case studies can be approached as an integral part of an approach; for example,



phenomenological or ethnographic studies require an in-depth study of what happens in one or more cases, but analysing each case individually.

3.1 Context

As described at the beginning of this study, this piece of research is the product of the first phase of a project that encompasses at least three stages: identification of needs among university English language teachers, design and proposal of an OER prototype, and evaluation of OER for English learning.

3.2 Participants

The purpose of this study was to gather the perspectives of specialists, so a sample of experts was invited to participate, in this case, in-service English teachers in an English language program at a Mexican public university. The participants were 3 teachers whose ages were 47, 51, and 77. In keeping with the objectives of this study, the three participants were interviewed in their own offices.

3.3 Instruments for data collection.

To collect the data, a structured interview was used. According to [17] the interviewer carries out his work following a guide with specific questions, and it is related exclusively to this (the instrument prescribes which questions will be asked and in what order). The interview consisted of 16 questions divided into five sections. The first section of the interview was introductory by the interviewers to the interviewees; however, this section also presented information that could be correlated with both the teachers' needs and their conception of OER.

The excerpts from the participants' responses are presented in their original language (Spanish) to understand each participant's feelings as fully as possible. In all three cases, the language in which they can most naturally express their emotions. A pseudonym was added to protect the identity of each participant.

3.4 Data Analysis

Categories

As Hernández explains [17] in qualitative coding, categories are concepts, experiences, ideas, and relevant and meaningful facts. Thus, for data analysis, we first consider the pre-established segments of the interview and then extract ideas, significant facts, and the participants' experiences.

4. Findings

In this section, four salient categories emerged from the data analysis: Experience and knowledge; Problems and needs; Educational resources and Open Educational Resources for vulnerable students.

4.1 Experience and knowledge

All the teachers interviewed have teaching experience at the higher education level and have taught all English courses of the BA program. One of the specialists mentions several aspects that we considered relevant. She separates two levels: beginners and advanced. Regarding the former, she notes that it is noticeable that some students have a very good level. She introduces a political perspective regarding the language level required in high schools:

- **Adriana:** “Hay una diferencia muy grande entre el nivel de los alumnos. Unos que de veras no saben nada, que sí deberían porque por lo menos deberían estar entrando con A1 que es lo que se les pide cuando deberían salir con B1 o idealmente B2 de las prepas o C1, que no pasa. Hay unos que ni siquiera llegan con A1”.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

It is evident that the teacher is knowledgeable about the state's and the country's education system, its status, and the requirements at the high school level. Regarding the advanced students, she mentions that it's different because most have a good level; however, some students fall behind due to their weak language proficiency.

- **Adriana:** “Hacerlos conscientes, ya llegaron hasta un punto en que ya deberían haberse dado cuenta de que tienen que dar más y no lo hacen, entonces muy difícilmente se les convence de que tienen que dar ese extra”.

The participant states that this delay affects university graduates, who continue their academic careers with minimal grade point averages in language, and that this leads the university to face a negative attitude from potential employers. Employers would probably suggest that if graduates do not speak well is due to their teachers' lack of work and support for students.

4.2 Problems and needs

In this section, different points of view were observed. One interviewee stated that the main problem was the lack of knowledge of Spanish as a background for learning English. Another participant stated that the nature of current materials requires greater knowledge of English.

- **Mario:** “Los estudiantes traen carencias muy marcadas no solamente del idioma inglés, sino también del español. Hay temas o dimensiones del inglés que son las mismas en español, y si ellos no tienen una comprensión adecuada de su lengua materna, va a ser difícil para muchos de ellos llegar a una comprensión”.
- **Alicia:** “Pues es que cada vez el material es más complicado y entonces sí, pues tienen los fundamentos anteriores, ¿no?”
- **Adriana...** “La primera barrera es que ellos piensan en que sólo vienen a aprender inglés, entonces hay que convencerlos y hay pues, que ubicarlos más que nada, que no se trata nada más de eso y que con dos horas diarias de su clase de inglés no es suficiente”.

Regarding more specific language needs, teachers consider that listening comprehension is a constant difficulty for students and that, in general, the materials used in English courses are hard to understand. Teachers seem to be aware of the problems their students face in the different English courses.

4.3 Educational Resources

The section on educational resources as one of the central themes of this study, was relevant due to the importance the interviewees attributed to it, as a learning opportunity to meet the needs identified in groups with heterogeneous language levels and the different personalities and learning styles of each student in groups that frequently exceed thirty students. The desirable characteristics of OER have been detailed in the theoretical framework. In this regard, Professor Adriana mentioned:

- **Adriana:** “Cosas que les llamen la atención, pero el problema es saber qué es lo que le llama la atención a cada uno ... Yo creo porque hay enseñarlos en el salón de clases de manera interactiva y fomentar que los estudiantes analicen, que reflexionen, que ellos sean los que descubran, con estímulos dinámicos”

Regarding time, the same teacher affirmed:

- **Adriana:** “Te llevas mucho más tiempo haciéndolas [actividades con uso de tecnología] que aplicándolas en el salón de clases, si los alumnos las hacen, les gustan, qué bien, pero realmente a mí me desgasta muchísimo estar aprendiendo a usar los recursos y me toma horas diseñar esas actividades.”

Professor “Mario” also mentions the use of the textbook:

- **Mario:** “de los recursos digitales que traen los libros de texto para que practiquen de manera más interactiva y complementen todo lo que están viendo en la clase”.



Professor "Alicia" emphasizes the use of educational resources included in the teacher's book, the use of dynamics, activities, and worksheets; however, her position regarding the use of traditional materials is striking:

- **Alicia:** “La mayoría trabaja con libros, no hay ningún descontento de que yo les traiga la hojita impresa... sigo, por ejemplo, haciendo Word Cards con los alumnos. Que creo que es muy útil” ...“Tomo mi WhatsApp, me grabo y digo: Voy a leer página tal, con él, leo, y entonces pido que escuchen y que ellos lo lean y me lo mandan de WhatsApp” ...“Me encantaría, por ejemplo, poder ver de vez en cuando una película con los alumnos, pero no tengo tiempo. Imposible. recursos educativos, pues juegos ya dimensionados... Conozco personas que son muy buenas con la tecnología, que arman quizzes de vocabulario. Yo no lo hago porque no es lo mío”.

These responses are considered an area of opportunity for the creation of OER that meet desirable criteria, are supervised by content experts, and can be integrated with students who can suggest ideas based on their own experience and update teachers, even those most inclined to use technology, on topics that currently concern or interest them. Another sector that could benefit from these resources is older teachers or those whose attitudes are not conducive to integrating these types of resources, or simply due to their lack of knowledge.

4.4 Open Educational Resources for vulnerable students

This category was not included in the original interview script; however, it emerged during the interviews. It is important to state that neurodivergent issues are increasingly common among young students, many of whom are diagnosed and others who are not yet. However, specialist opinions reveal underexplored areas that could have an impact on users with disabilities or neurodivergent disabilities. Professor Mario states the following:

- **Mario:** “los recursos que presentan los libros de texto son adecuados en una generalidad, son genéricos, porque parten no pensando en estudiantes en condición de vulnerabilidad por razón de discapacidad o trastornos psicoemocionales o neurodivergencias sino de un estándar entonces ya es la parte que deben trabajar las editoriales como llegar por ejemplo a las diversas neurodivergencias que no es una discapacidad sino una forma distinta de aprender”.

In this regard, Professor Adriana commented:

- Adriana:** “Mi problema es para los que tienen capacidades diferentes.” ... “material que no lleve mucho tiempo en el salón de clases, utilizarlo para que lo podamos ver en clases con los estudiantes, o bien, material de calidad que les digamos que hagan por su cuenta”.

Professor Alicia refers to the clarity of the objectives and promotes the ludic aspects:

- Alicia:** “Tiene que haber algo que parezca divertido o algo que les guste... Siento que eso es como... para... para divertirse mucho, pero en realidad toma mucho tiempo”.

As can be observed, the demands are numerous but specific: materials should be focused on the student and consider teachers, who invest a great deal of time in preparing materials and, in many cases, do not receive adequate training to take on new responsibilities, and who often find themselves alone, facing ever-changing challenges.

5. Preliminary conclusions

The results of this inquiry made evident that English teachers are fully aware of the need for resources that can help their students approach language study in different ways. Designing extra materials can be very time consuming and, in some cases, teachers accept their lack of digital skills. Furthermore, they mentioned that the neurodivergent students they receive can benefit from the use of alternative educational resources such as OERs.



It is also important to consider that this study was limited by the number of participants; however, it can open an interesting area for further research. Therefore, a larger sample of teachers would be advisable to understand the needs and different aspects of both: language and specific needs according to the requirements of the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR).

Finally, it is pertinent to create a prototype of OER to explore the usefulness of the potential language users in the study context. Likewise, English teachers will need training and support in the production and/or use of OERs, considering the fact that neurodivergent students are likely to use them as well. This study highlights the need to design OERs that respond to the needs of vulnerable students in different contexts with similar educational challenges.

6. References

1. Ismajli, E.: Navigating the Development of English Language Skills in Higher Education. *Uluslararası Özel Amaçlar için İngilizce Dergisi*. (2024). <https://doi.org/10.70870/joinesp.1594239>
2. Xu, D., Glick, D., Rodriguez, F., Cung, B., Li, Q., Warschauer, M.: Does blended instruction enhance English language learning in developing countries? Evidence from Mexico. *British Journal of Educational Technology*. 51, 211–227 (2020). <https://doi.org/10.1111/bjet.12797>
3. Davies, P.: What do we know, not know, and need to know about ELT in Mexico? *Biannual Publication*. 1, 7–12 (2020)
4. Davies, P.J.: Time for New Thinking about ELT in Latin America and Elsewhere. *L2 Journal*. 13, (2021). <https://doi.org/10.5070/l213150301>
5. Fernández Cando, D.A., Gómez González, M.T., Ludeña Ramirez, N.S., Morán Quiroga, M.A.: Estrategias para la enseñanza del inglés como lengua extranjera en contextos bilingües. *Revista Social Fronteriza*. 5, (2025). [https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5\(3\)711](https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5(3)711)
6. Yunita, W., Ardi, H.: Implementing Open Educational Resource to Strengthen English Speaking Skills. *Jurnal Paedagogy*. 9, 441 (2022). <https://doi.org/10.33394/jp.v9i3.5342>
7. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): Red Universitaria de Aprendizaje MX
8. Universidad Veracruzana (UV): Coordinación de Aprendizaje Basado en Problemas
9. Torres Velandia, S.Á., Jerónimo Montes, J.A.: Recursos educativos abiertos, retos y oportunidades en tiempos de pandemia: estudio de caso, México. *RECIE. Revista Electrónica Científica de Investigación Educativa*. 5, 199–214 (2021). <https://doi.org/10.33010/recie.v5i2.1439>
10. Otto, D.: How to Promote the Use of Open Educational Resources (OER) in Higher Education. A Parley with OER Experienced Teachers. *Open Praxis*. 13, 354–364 (2022). <https://doi.org/10.55982/openpraxis.13.4.264>
11. Butcher, Neil., Uvalic-Trumbic, S., Kanwar, Asha.: A basic guide to open educational resources (OER) prepared by Neil Butcher, edited by Asha Kanwar and Stamenka Uvalic'-Trumbic'. *Commonwealth of Learning* (2011)
12. Kanoksilapatham, B.-: OER as Language Online Lessons to Enhance Thai University Students' English Language Skills in the COVID-19 Pandemic Era. *3L The Southeast Asian Journal of English Language Studies*. 27, 130–143 (2021). <https://doi.org/10.17576/3L-2021-2702-10>
13. Moya Pachón, A.M.: Integrating open educational resources in general english courses to strengthen speaking skill. *Praxis Pedagógica*. 15, 83–94 (2015). <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.15.17.2015.83-94>
14. Comas-Quinn, A., Fitzgerald, A.: *Open Educational Resources in Language Teaching and Learning*. (2013)
15. García Cardona, L., Mendoza Batista, A.M., Giraldo Gallego, M.Y.: Evaluación de la creación de una página web de seis recursos educativos abiertos como herramienta que facilite el aprendizaje del idioma inglés en Educación Superior. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*. 7, (2016). <https://doi.org/10.15366/riee2014.7.3.007>
16. Santos-Hermosa, G., Falgueras, E.A.: Recursos educativos abiertos Una pieza fundamental para afrontar los actuales retos de la Educación Superior.



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

17. Hernández, R.: Metodología de la Investigación. McGRAW-HILL, México D.F. (2014)
18. Elizabeth, V., Chaves, J.: Los estudios de casos como enfoque metodológico Case studies as a methodological approach Artículo de Revisión. (2016)
19. Denzin, N.K., Lincoln, Y.S.: El campo de la investigación cualitativa. Gedisa, España (2012)





IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

POSTERS



LACLO 2025
COLOMBIA

Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica del Bloque P19 del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Anllelina Lopez Romero¹, Arabella Zapata Escobar², Jorge Eliecer Campuzano Carmona³^{1,2,3}Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: anllelina_lopez95212@elpoli.edu.co, jorgecampuzano@elpoli.edu.co, azapata@elpoli.edu.co.

INTRODUCCIÓN

El bloque P19, construido en 1994 bajo el código colombiano de construcciones sismorresistentes CCCSR-84, no ha tenido una revisión ni actualización estructural como edificación para educación, lo que genera incertidumbre frente a su comportamiento sismorresistente y cumplimiento del reglamento actual NSR-10. Este proyecto analiza su vulnerabilidad sísmica mediante las prescripciones del título A10 NSR-10, con el fin de identificar factores de sobreesfuerzo y sobrerresistencia que permitan conocer su comportamiento sísmico y tomar decisiones sobre la necesidad de reforzamiento estructural. Resultados preliminares arrojan una vulnerabilidad intermedia.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existen daños visibles en elementos de fachada y no hay estudios previos de vulnerabilidad, así como ausencia de planos estructurales y memorias de cálculo. Debido a su grado de importancia en NSR-10 perteneciente al grupo de edificaciones de atención durante una emergencia y con $I=1.25$, es necesario conocer su desempeño sísmico real mediante el estudio de su vulnerabilidad. La falta de estudios previos y las evidencias de deterioro generan incertidumbre sobre su capacidad estructural, y las afectaciones que pudieran tener elementos estructurales y no estructurales en el caso de ocurrir un sismo fuerte.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad sísmica del bloque P-19 del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y qué mejoras estructurales requiere según la NSR-10?

OBJETIVOS

GENERAL: Analizar la vulnerabilidad sísmica del bloque P-19 del PCJIC, con base en los lineamientos establecidos por la Norma Sismo Resistente de 2010 (NSR-10). ESPECÍFICOS: 1. Recopilar y analizar la información geométrica, estructural y documental del edificio, incluyendo planos, características de materiales y configuración estructural. 2. Modelar estructuralmente la edificación y evaluar su comportamiento sísmico acorde al título A-10 de la NSR10. 3. Determinar con base en los índices de flexibilidad y sobreesfuerzo la necesidad de una propuesta de reforzamiento

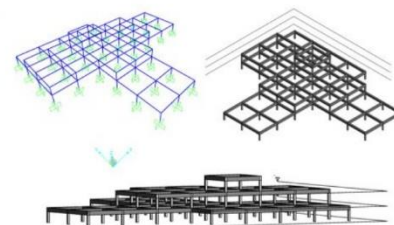
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La investigación es de tipo mixto tanto cualitativo y cuantitativo, orientado a evaluar la vulnerabilidad sísmica del bloque P19 según los lineamientos de la NSR-10. En primer lugar, se realizó el levantamiento de información geométrica y de características de los materiales del edificio, así como las secciones y el estado actual de la edificación.

Posteriormente, se efectuó un análisis cualitativo de vulnerabilidad que permitió elaborar un diagnóstico preliminar del estado estructural. Con base en esta información, se modeló la edificación en un software especializado y se analizó su comportamiento sísmico conforme a los parámetros establecidos por la normativa. Con esta información se aplicó una evaluación de vulnerabilidad sísmica basada en la metodología de Giraldo (2017) y los lineamientos de la NSR-10, para identificar el nivel de vulnerabilidad y las posibilidades de implementar reforzamiento estructural. Finalmente, se determinarán los índices de sobreesfuerzo y sobrerresistencia de los elementos estructurales, lo que permitirá establecer la necesidad de repotenciación o adecuación del bloque para garantizar su cumplimiento con los requisitos vigentes.

RESULTADOS

Se construyó un modelo estructural preliminar con base en mediciones de campo. Se observaron fisuras en muros, deformaciones en vigas, flexibilidad en entrepisos y presencia de elementos metálicos no documentados. Ante la ausencia de planos estructurales, se requieren ensayos no destructivos para caracterizar materiales. El análisis cualitativo indica una vulnerabilidad sísmica media (factor 3.4).



CONCLUSIONES

El análisis realizado evidencia que el bloque P19 del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid no cumple con los lineamientos establecidos por la Norma Sismorresistente NSR-10, dado que fue diseñado bajo una normativa anterior y presenta condiciones estructurales desactualizadas. Los resultados del análisis cualitativo indican la necesidad de realizar el análisis estructural para determinar los índices de sobreesfuerzo y sobrerresistencia que permitan proponer estrategias de reforzamiento estructural para garantizar la seguridad, estabilidad y funcionalidad del edificio ante futuras solicitaciones sísmicas.

REFERENCIAS

- V. y D. T. Ministerio de Ambiente. (2010). Reglamento Colombiano de Construcciones Sismorresistentes NSR-10; Vol. 1 (Imprenta Nacional, Ed.; 2010th ed.). <https://www.sca.org.co/Titulo-A-NSR-10-Decreto%20Final-2010-01-13.pdf>
- Giraldo, L. (2017) Análisis de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura en la sede de Bello del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Sede Bello-PCJIC) Trabajo de grado, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid..





Evaluación de la capacidad de soporte hídrico ante los cambios en el uso del suelo y la demanda en la vía El Carmen de Viboral – El Santuario

Semillero de investigación en Gestión del Recurso Hídrico - HIDROGESTION

Shirley Viviana Giraldo Duque¹, Blanca Cecilia Gonzalez², Sergio Andrés Arroyo³, Laura Estrada García⁴

1, 2, 3, 4 Semillero de investigación HIDROGESTION, Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. 1 shirleygiraldo@elpoli.edu.co; 2 blanca_gonzalez95232@elpoli.edu.co; 3 sergio_arroyo95211@elpoli.edu.co; 4 laura_estrada95221@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

El Oriente Antioqueño ha experimentado una notable transformación territorial impulsada por el desarrollo de infraestructura vial, el crecimiento urbano y la expansión agropecuaria. A nivel nacional, el sector agrícola y pecuario concentra la mayor demanda hídrica (IDEAM, 2023) y constituye el principal uso del suelo en la zona de estudio, lo que incrementa la presión sobre las fuentes de agua y resalta la importancia de evaluar la capacidad de soporte hídrica del territorio. En este contexto, la vía intermunicipal entre El Carmen de Viboral y El Santuario atraviesa áreas estratégicas de las cuencas Cimarronas, Marinilla y Aldana (dentro de la cuenca La Marinilla), donde la morfología condiciona significativamente la dinámica del recurso. La integración de información técnica, normativa y estadística permite proyectar de manera más precisa la demanda hídrica futura y comprender cómo el crecimiento poblacional incide en los caudales de diseño, favoreciendo una planificación del recurso más segura y sostenible (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo económico está ligado a la infraestructura vial, pues mejora la conectividad, facilita el transporte y fortalece la integración productiva (Nuñez Hernández et al., 2020). Sin embargo, en territorios con alta actividad agropecuaria, como el Oriente Antioqueño donde más del 50 % del suelo tiene uso agrícola (CORNARE & CORANTIOQUIA, 2018), la expansión vial puede generar transformaciones en los usos del suelo y desequilibrios ambientales si no se planifica según la capacidad de soporte del territorio. La hidrología es un componente esencial en el diseño y operación de obras civiles, al influir en proyectos como carreteras, embalses, drenajes y sistemas de abastecimiento (Vélez Otálvaro, 2000). En este contexto, este estudio se centra en analizar la pavimentación de la vía intermunicipal entre El Carmen de Viboral y El Santuario, cuya ejecución modifica potencialmente la dinámica territorial y busca evaluar la capacidad de soporte hídrico actual y potencial frente a los cambios en el uso del suelo y la creciente demanda del recurso hídrico.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

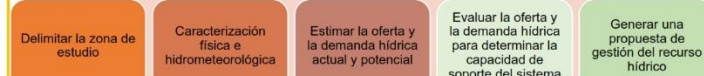
¿Cuál es la capacidad de soporte hídrica actual y potencial de la zona de estudio ante el crecimiento poblacional debido a la construcción de la Nueva vía El Santuario-El Carmen de Viboral?

OBJETIVOS

Objetivo general

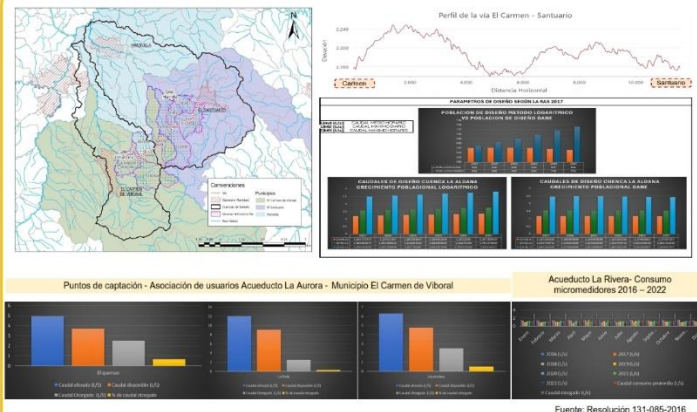
Evaluar la capacidad de soporte hídrico de la zona de influencia de la vía intermunicipal, considerando los factores hidrológicos, hidráulicos, de riesgo y de gestión del recurso hídrico ante los cambios en el uso del suelo y el crecimiento de la demanda de agua.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



RESULTADOS

Resultados parciales



Fuente: Resolución 131-085-2016

Resultados esperados

- ✓ Diagnóstico integral del estado actual y potencial de las fuentes hídricas.
- ✓ Estimación de la capacidad de soporte hídrico en la zona de estudio.
- ✓ Escenarios de crecimiento territorial y su impacto sobre la oferta y la demanda de agua.
- ✓ Identificación de zonas críticas o con riesgo de déficit hídrico.
- ✓ Recomendaciones para la gestión sostenible del recurso hídrico

CONCLUSIONES PARCIALES

- ✓ Las cuencas La Cimarrona y La Marinilla presentan relieve asociado a pendientes del 25%, lo que incrementa el riesgo de erosión y afectaciones en zonas planas pobladas.
- ✓ La vía El Carmen – Santuario cruza la divisoria de aguas entre ambas cuencas, por lo que requiere un manejo adecuado de escorrentías y actualización continua de los datos hídricos (demanda).

REFERENCIAS

- Corporación Autónoma Regional de Antioquia – CORANTIOQUIA. (2014). Informe de prospección del recurso hídrico en el Río Negro (AIRNR_CV_1408_28_2014). https://cia.corantioquia.gov.co/diados/AGUA/AIRNR_CV_1408_28_2014_RNEGRO_FPROSPECTIVA.pdf
- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare – CORNARE. (2024). POMCA Río Negro. <https://www.cornare.gov.co/planes-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas-pomcas/pomca-rio-negro/>
- Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare – CORNARE. (2024). Resolución RE-00174-2024, por medio de la cual se aprueban los diseños, planos y memorias de cálculo de la obra de control de caudal y se adoptan otras determinaciones. https://www.cornare.gov.co/boletin_oficial/2024/enero/res/RE-00174-2024.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017, 8 de junio). Resolución 330 de 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Diario Oficial de la República de Colombia. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>
- Nuñez Hernández, J. Y., Salguero Velásquez, L. A., & Vera Chila, F. E. (2020). Asfalto natural alternativa de rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura vial del Alto Magdalena Colombia – Revisión Sistemática: Alternative natural asphalt for rehabilitation and improvement of road infrastructure in Alto Magdalena Colombia - Systematic Review. Centro Sur, 4(1). <https://doi.org/10.37955/cs.v4i1.33>
- Otálvaro, M. V. V. (2000). Hidrología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.



ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA PLÁSTICOS GENERADOS EN LA SEDE MEDELLÍN DEL POLITÉCNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID



**LACLO 2025
COLOMBIA**

Dora Luz Yepes Palacio¹; Miriam Gómez Marín²; Juan Camilo Zapata Zapata³

¹Facultad de Ingeniería, Grupo GHYAM, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: dlyepes@elpoli.edu.co

²Facultad de Ingeniería, Grupo GHYAM, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: mgomez@elpoli.edu.co

³Facultad de Ingeniería, Semillero de Gestión Ambiental Urbana (GAU), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: Juan_zapata87201@elpoli.edu.co

INTRODUCCIÓN

El manejo incorrecto de los residuos plásticos constituye uno de los principales retos ambientales actuales. Su acumulación genera micro y nanoplasticos que afectan la salud humana, los ecosistemas acuáticos y terrestres, y contribuyen al aumento de las emisiones de Gases de Efecto invernadero -GEI. Pese a contar marcos normativos como la Ley de acción climática (Congreso de Colombia, 2022) y la Estrategia Nacional de Economía Circular, la implementación institucional aún es limitada. La economía circular plantea un modelo de producción y consumo que busca cerrar los ciclos de los materiales mediante la reducción, reutilización y valorización, su aplicación en instituciones educativas permite generar cultura y conocimiento, fortalecer competencias ambientales y promover el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11, 12, 13, 14 y 15) para transformar la gestión de plásticos en un modelo replicable de sostenibilidad universitaria. En este contexto el grupo de Higiene y Gestión Ambiental GHYAM viene adelantando una investigación en torno a una Estrategia Economía circular para plásticos generados en la sede principal del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid –PCJIC en Medellín –Colombia.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La acumulación de residuos plásticos y microplásticos afecta los ecosistemas terrestres y acuáticos, además de contribuir a la crisis climática a partir de la generación de gases de efecto invernadero. En el PCJIC no se cuenta con información actualizada ni con estrategias institucionales efectivas para su gestión. Por ello, se requieren intervenciones encaminadas a conocer la caracterización física de residuos generados y la implementación de acciones formativas hacia la creación de una cultura en la minimización de residuos, como base para la consolidación de una estrategia piloto de economía circular que promueva la reducción, reutilización y valorización de los residuos plásticos generados.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede la implementación de una estrategia institucional de economía circular para la gestión de plásticos en la sede Medellín del PCJIC, contribuir a la reducción, reutilización y valorización de estos residuos, así como al fortalecimiento de la cultura ambiental de la comunidad universitaria en articulación con la Estrategia nacional de Economía Circular?

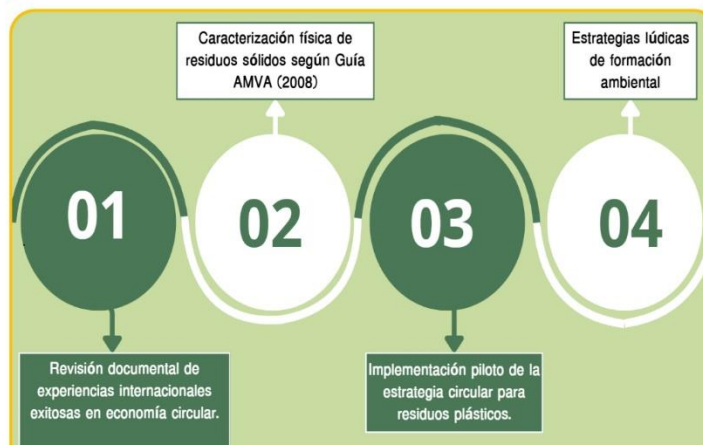
OBJETIVOS

General: Implementar una estrategia de economía circular enfocada en la reducción, reutilización y valorización de plásticos generados en la sede Medellín del PCJIC.

Específicos:

1. Elaborar una línea base de estrategias exitosas en economía circular a nivel global.
2. Actualizar la caracterización física de los residuos generados en la sede Medellín.
3. Implementar una estrategia institucional de economía circular.
4. Desarrollar un programa formativo sobre separación en la fuente..

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



RESULTADOS



CONCLUSIONES

1. La revisión de estrategias exitosas constituye una herramienta clave para la toma de decisiones orientadas a fortalecer modelos institucionales de gestión sostenible.
2. La actualización de la caracterización de residuos es clave para decisiones informadas.
3. Las estrategias formativas lúdicas fortalecen la cultura ambiental y el cumplimiento de los ODS.
4. El PCJIC puede convertirse en un modelo replicable de sostenibilidad institucional.

REFERENCIAS

- AMVA & UPB. (2008). Guía para el manejo Integral de Residuos sólidos para Instituciones educativas. Medellín. Obtenido de https://www.metropl.gov.co/ambiental/Documents/Residuos_solidos/Carillas/Gu%C3%ADa%20para%20Instituciones%20Educativas.pdf
- Congreso de Colombia. (2022). LEY 2232 DE 2022. Bogotá. Obtenido de https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley_2232_2022.htm
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (25 de 03 de 2025). Minambiente.gov.co. Obtenido de Estrategia Nacional de Economía Circular: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/>
- Merlo, G. (15 de Febrero de 2022). PNUD. Recuperado el 26 de 08 de 2029, de <https://www.undp.org/es/latin-america/blog/dejando-una-buena-huella-en-america-latina>



Ambientes Inmersivos de Aprendizaje

Steven Hernández Atehortúa - Valentina Sánchez Loaiza – José Andrés Daza Gallego – Juan José Alzate Orozco – Santiago Bañol Villa

Profesor Asesor:

Danilo Ruiz

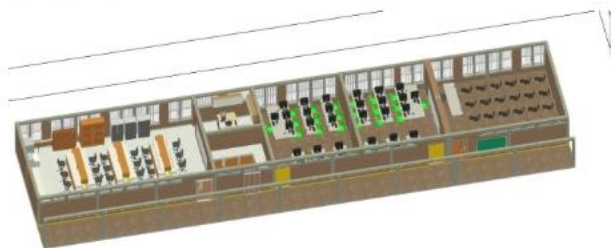
daniloruiz@elpoli.edu.co

Resumen:

Este proyecto se enfoca en la creación de ambientes inmersivos donde podamos realizar la proyección de un nuevo espacio y también garantizar la conservación digital de los entornos previos. A través del uso de tecnologías actuales de modelado 3D, escaneo digital y renderización en entornos inmersivos, se busca ofrecer una experiencia enriquecedora e interactiva para los usuarios. Este enfoque permite no solo la exploración de nuevos escenarios virtuales, sino también la preservación de la memoria digital de los espacios anteriores, además del fortalecimiento de las habilidades de desarrollo, diseño e imaginación de los estudiantes.

Planteamiento del problema:

La evolución de la tecnología inmersiva ha generado nuevas oportunidades para la creación de entornos virtuales con aplicaciones en diversas áreas, como la educación, la cultura y la investigación. A la vez, la renovación constante de espacios con valor histórico puede conllevar al olvido de espacios con memorias significativas. La documentación y conservación digital de estos espacios garantizan la continuidad del conocimiento y la accesibilidad a experiencias previas, enriqueciendo la narrativa digital y fomentando la inclusión de diferentes generaciones de usuarios.



Objetivo general:

Diseñar e implementar entornos nuevos y antiguos en Realidad Virtual garantizando la proyección de nuevos espacios y la conservación digital de antiguos espacios.

Metodología:

El proyecto se desarrolla en 4 fases:

1. Investigación y Análisis:

Revisión de herramientas y técnicas para la creación de entornos virtuales y conservación digital.

2. Escaneo y Documentación:

Captura digital de los espacios previos mediante escaneo 3D, procesamiento de datos y modelado de planos.

3. Desarrollo del Entorno Inmersivo:

Desarrollo de espacios digitales en realidad virtual utilizando software de modelado 3D, desarrollo de videojuegos y motores de renderización.

4. Implementación:

Integración de los espacios en un entorno virtual unificado e interactivo. Si aplica, se agregan optimizaciones y ajustes.

5. Evaluación de la experiencia de usuario:

Se realizan estudios subjetivos y conductuales con sujetos de prueba de nuestro público objetivo para entender su experiencia dentro de la simulación, priorizando su bienestar fisiológico y sensación de presencia, por encima de una experiencia que simule la realidad.

6. Optimización y ajustes:

Refinamiento iterativo del diseño de la experiencia basada en retroalimentación, resultado de las evaluaciones de UX y pruebas de usabilidad.

Resultados:

- Colección digital de 3 entornos educativos (aula, laboratorio, edificio).
- Prototipo funcional de campus virtual accesible en VR/Web.
- Primer archivo digital de patrimonio físico universitario.



Conclusiones:

- Se demostró la viabilidad técnica para preservar digitalmente espacios educativos como patrimonio institucional, creando un archivo histórico accesible en formatos inmersivos.
- La metodología implementada permite replicar el proceso en otras sedes y tipos de infraestructura, sentando las bases para un campus digital extendido.
- Se superaron desafíos técnicos en optimización de entornos virtuales para un uso eficiente de memoria.
- Se identificaron desafíos de diseño en entornos virtuales que pueden causar efectos adversos en nuestros usuarios.

Bibliografía:



ADAPTACIÓN DEL MODELO ADDIE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE GESTIÓN Y PRODUCCIÓN DE CURSOS VIRTUALES: UN ESTUDIO DE CASO EN EL TECNOLÓGICO DE



INTRODUCCIÓN

La gestión de la producción de cursos virtuales en instituciones de educación superior a menudo carece de una metodología formal, dependiendo de herramientas desarticuladas que generan ineficiencias. Para abordar este problema, esta investigación revisa el modelo de diseño instruccional ADDIE, un estándar para crear productos educativos, pero cuya aplicación como marco de gestión de procesos a nivel organizacional ha sido escasamente explorada.

Para llenar este vacío, se propone la integración de principios de metodologías ágiles para adaptar ADDIE, transformándolo en un modelo híbrido para la gestión de la producción. La importancia práctica del proyecto radica en ofrecer una solución de bajo costo y alto impacto a un problema real, optimizando el flujo de trabajo. Teóricamente, el estudio aporta una nueva perspectiva sobre la escalabilidad de ADDIE.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de cursos virtuales en el centro de producción y medios del Tecnológico de Antioquia se gestiona a través de un sistema ad-hoc que combina herramientas ofimáticas de propósito general (hojas de cálculo, correo electrónico, tableros Kanban, etc.). Esta falta de una metodología centralizada y adaptada a las necesidades del proceso genera una serie de consecuencias negativas observables:

Duplicación de esfuerzos y tiempo entre las fases de diseño y producción.

Cuellos de botella en la comunicación entre seguimiento, versionamiento, revisiones y aprobación.

El producto final puede variar al no existir un flujo de trabajo estandarizado.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede ser adaptado el modelo de diseño instruccional ADDIE para crear una metodología que optimice el proceso de gestión y producción de cursos virtuales, respondiendo a las particularidades operativas y culturales del centro de producción y medios?

OBJETIVOS

GENERAL: Diseñar una metodología de gestión y producción de cursos virtuales, basada en una adaptación del modelo ADDIE, para optimizar los flujos de trabajo, la comunicación y el uso de recursos en el Centro de Producción y Medios del Tecnológico de Antioquia IU.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La investigación se desarrolla como un estudio de caso con un diseño mixto.

El procedimiento se ejecuta en cuatro fases secuenciales:

Diagnostico (cualitativa + cuantitativa), Análisis y Fundamentación (Teórica), Estructuración (Creación) y Evaluación (Validación).

Inicialmente, se realiza un diagnostico del proceso actual mediante encuestas entrevistas y revisión documental para identificar los cuellos de botella. Luego, en la fase de análisis, se estudian los hallazgos a la luz del modelo ADDIE y los principios ágiles para fundamentar la propuesta.

Con esta base, se procede a la estructuración de la metodología híbrida ADDIE-Ágil, definiendo sus fases, roles y herramientas. Finalmente, la propuesta se somete a una evaluación a través de un juicio de expertos del Centro de Producción y Medios para validar su pertinencia, claridad y visibilidad antes de su versión final.

RESULTADOS

La investigación generará tres resultados clave que transformarán el proceso de producción de contenidos, pasando de un modelo reactivo a uno estructurado y optimizado.

Diagnostico Visual del Proceso Actual: Se entregará un mapeo claro del flujo de trabajo "As-Is", evidenciando con datos cuantitativos y cualitativos, los cuellos de botella y puntos críticos de ineficiencia.

Metodología Híbrida ADDIE-Ágil: El resultado central es el diseño de un marco de trabajo que combina la estructura de ADDIE con la flexibilidad Ágil.

Kit de Herramientas Validado: Se producirá un conjunto de recursos prácticos para la implementación, incluyendo plantillas, checklists y un flujograma de procesos, todos validados mediante juicio de expertos.

CONCLUSIONES

El modelo ADDIE puede escalarse de un marco de diseño de productos a un marco de gestión de procesos par optimizar flujos de trabajo reactivos.

La integración de principios ágiles es clave para dotar al proceso de la flexibilidad y eficiencia necesarias en un entorno de producción real.

La metodología híbrida resultante es una solución validada, pragmática y de bajo costo, que fortalece la capacidad estratégica de las instituciones publicas.

REFERENCIAS

- Allen, M.W., & Sites, R. (2012). Leaving ADDIE for SAM: An agile model for developing the best learning experiences. ASTD Press.
- Branch, R.M. (2009). Instructional design: The ADDIE approach. Springer.
- Creswell, J.W., & Plano Clark, V.L. (2017). Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.). Sage Publications.
- Al-Samarraie, H., Teng, B., Izahani, A.I., & Alalwan, N. (2022). E-learning continuance satisfaction in higher education: a unified model of Flow and usability. Journal of Computing in Higher Education, 34(1), 131-153.





PONER AQUÍ:

Logo o logos de entidad
participante o grupo de
investigación

TAMAÑO 90 X 120

INNOVACIÓN SOSTENIBLE Y COMPETITIVIDAD ORGANIZACIONAL: UN ANÁLISIS COMPARATIVO LATINOAMERICANO

Nicolás Alberto Aguirre López

Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: nicolas_aguirre106252@elpoli.edu.co

Facultad de
IngenieríaAcreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015118 de 2022
Ministerio de Educación NacionalLACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

En un entorno empresarial caracterizado por el cambio constante y la creciente demanda global, la innovación se consolida como un factor determinante del desempeño y la competitividad organizacional. Según Asadullah et al. (2019), innovar permite a las empresas adaptarse con agilidad y asegurar su sostenibilidad a largo plazo. No obstante, aún existen relaciones entre innovación, desempeño y competitividad que requieren mayor validación empírica (Marín-Idárraga & Cuartas-Marín, 2019). En este sentido, invertir en innovación y fortalecer la capacidad de respuesta ante los desafíos del mercado se convierte en una estrategia esencial para construir organizaciones más competitivas y sostenibles (Universidad San Ignacio de Loyola, 2021).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un estudio con 140 empresas evidenció una correlación positiva entre la gestión humana, la cultura organizacional y el desempeño innovador, resaltando que las tecnologías blandas son determinantes para impulsar la innovación y la competitividad empresarial (Rozo Gutiérrez et al., 2020). Sin embargo, persisten vacíos en la literatura respecto a análisis comparativos entre innovación, sostenibilidad, adopción tecnológica, cultura y desempeño en contextos latinoamericanos, particularmente en México y Colombia. Con este estudio se busca cerrar brechas mediante un modelo de ecuaciones estructurales aplicado a empresas de México y Colombia, con el fin de identificar patrones que fortalezcan la transformación digital y la gestión sostenible.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo impacta de manera conjunta la innovación, gerencia sostenible, adopción tecnológica, cultura, desempeño y competitividad organizacional en las empresas ubicadas en las ciudades de Morelón-Uriangato Guanajuato, México y el Valle de Aburrá, Colombia?

OBJETIVOS

Plantear un modelo de ecuaciones estructurales que relacione el impacto de manera conjunta de la innovación, gerencia sostenible, adopción tecnológica, cultura, desempeño y competitividad organizacional en las empresas ubicadas en las ciudades de Morelón-Uriangato Guanajuato, México y el Valle de Aburrá, Colombia



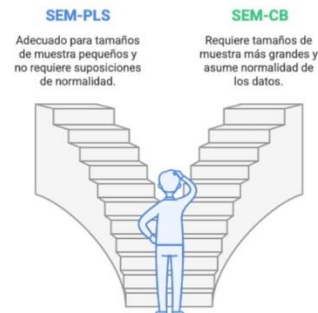
Evaluar diferentes escenarios para entender el impacto en la competitividad organizacional.

Aplicar técnicas estadísticas para confirmar los supuestos del modelo.

Desarrollar un modelo teórico que conecte innovación, sostenibilidad, tecnología, cultura, desempeño y competitividad.



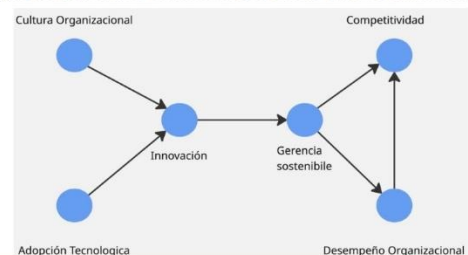
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés), brindando la oportunidad de relacionar entre un conjunto de datos determinados (Pedro et al., 2020). También brinda la relación (no casualidad) que hay entre variables observables y latentes (Manzano Patiño, 2018).

RESULTADOS

A partir del análisis exhaustivo de la literatura y la revisión de fuentes académicas especializadas, se construyó el modelo teórico que se presenta a continuación. Este modelo integra las principales variables identificadas en los estudios revisados.



CONCLUSIONES

- La innovación se consolida como un factor articulador entre la cultura organizacional y la adopción tecnológica, potenciando la gerencia sostenible y contribuyendo directamente al desempeño y la competitividad empresarial en contextos latinoamericanos.
- El modelo teórico propuesto constituye un marco analítico para comprender la relación entre sostenibilidad, innovación y desempeño organizacional, ofreciendo bases sólidas para futuras validaciones empíricas que fortalezcan la gestión estratégica de la innovación en México y Colombia.

REFERENCIAS

- Asadullah, M. A., Fayyaz, I., & Amin, R. (2019). Espiritualidade, convicção moral e quebra de regras pró-sociais na área da saúde. *Rae*, 59(1), 3–15. <https://doi.org/10.1590/s0034-759020190102>
- Manzano Patiño, A. P. (2018). Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales. *Investigación en educación médica*, 7(25), 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.riem.2017.11.002>





MODELO DE GESTIÓN DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS PARA FORTALECER LA

Facultad de Ingeniería



Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 07108 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA DERIVADA DE LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA: ESTUDIO DE CASO COMPARATIVO EN BOGOTÁ Y MEDELLÍN.



LACLO 2025
COLOMBIA

Neider Duan Barbosa Castro 1

1 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: Neider_barbosa106252@elpoli.edu.co

INTRODUCCIÓN

A pesar del **alto potencial científico y tecnológico** de las **Instituciones de Educación Superior (IES)** en Colombia, los **niveles de transferencia tecnológica** hacia el sector productivo siguen siendo **limitados** por la **falta de mecanismos de gestión** que articulen la investigación con las necesidades del entorno (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2022).

Esta situación se asocia con una **gestión insuficiente de las capacidades institucionales**. **Rodríguez (2017)** destaca la relevancia de las **capacidades dinámicas**, mientras que **Barbosa (2022)** plantea la **gestión de capacidades tecnológicas** como la **habilidad para adquirir, asimilar y aplicar conocimiento tecnológico** (Kim, 2001; Afuah, 2002; Saunila & Ukko, 2014).

La investigación propone un **modelo de gestión de capacidades tecnológicas** para **fortalecer la transferencia universitaria** mediante la **minería de indicadores estratégicos de los procesos de investigación**, integrando tres ejes: **conocimiento organizacional, recursos tecnológicos y vinculación con actores del ecosistema de innovación**. Este modelo busca **transformar los resultados de investigación en soluciones tecnológicas aplicadas**, consolidando la **ingeniería universitaria** como motor del **ecosistema nacional de innovación**.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las **economías basadas en el conocimiento**, la **transferencia tecnológica** es fundamental para impulsar la **innovación** en las **Instituciones de Educación Superior (IES)**. No obstante, en Colombia persisten **bajas tasas de transferencia** hacia el sector productivo por la **falta de modelos estructurados** y la **débil gestión de capacidades tecnológicas**.

Esta situación se agrava por la **escasa capacidad de absorción tecnológica** (Holmén et al., 2025), la **carencia de talento especializado** y la **limitada articulación universidad-empresa**, factores que reducen el impacto de la investigación en la productividad nacional.

Ante ello, se plantea un **modelo integral de gestión de capacidades tecnológicas**, basado en la **minería de indicadores estratégicos de los procesos de investigación**, que articule el **conocimiento organizacional**, los **recursos tecnológicos** y la **vinculación con actores del ecosistema de innovación**, con el fin de **transformar los resultados científicos en soluciones aplicadas** y fortalecer la **ingeniería universitaria** como motor del desarrollo.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera las capacidades tecnológicas inciden en la efectividad de los procesos de transferencia tecnológica derivados de la actividad investigativa en instituciones de educación superior en Colombia, a partir de un estudio de caso comparativo en Bogotá y Medellín?

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



CIENCIA DE DATOS



Agent-Based Modeling and Simulation



$$a = \begin{bmatrix} a_{11} + a_{12} + \dots + a_{1n} \\ a_{21} + a_{22} + \dots + a_{2n} \\ a_{31} + a_{32} + \dots + a_{3n} \\ a_{41} + a_{42} + \dots + a_{4n} \end{bmatrix}$$



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de gestión de capacidades tecnológicas para fortalecer la transferencia tecnológica derivada de los procesos de investigación en instituciones de educación superior en Colombia, con estudio de caso comparativo en Bogotá y Medellín.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Construir conceptualmente las capacidades tecnológicas en el contexto de instituciones de educación superior, integrando las dimensiones de conocimiento organizacional, gestión estratégica de recursos y vinculación con actores clave del ecosistema de investigación e innovación.
2. Identificar las variables clave asociadas a la gestión de recursos técnicos, capital humano y relacionamiento institucional, con el fin de determinar los factores críticos que condicionan la efectividad de los procesos de transferencia tecnológica derivados de la función sustantiva de investigación en instituciones de educación superior, a partir de un análisis comparativo entre los contextos de Bogotá y Medellín.
3. Desarrollar un modelo de gestión de capacidades tecnológicas orientado a fortalecer los mecanismos de transferencia en escenarios universitarios con énfasis en funciones sustantivas de investigación, incorporando componentes estructurales, relaciones funcionales y criterios de evaluación.

RESULTADOS



CONCLUSIONES

Con base en la revisión teórica, se plantea que la **gestión efectiva de las capacidades tecnológicas** estructuradas en torno al **conocimiento organizacional**, la **administración de recursos tecnológicos** y la **vinculación con actores del ecosistema de innovación**; podría incidir positivamente en la efectividad de la **transferencia tecnológica** en las Instituciones de Educación Superior (IES).

De manera hipotética, se propone que la **minería de indicadores estratégicos** permitirá identificar las relaciones entre estos ejes y la eficiencia de los procesos de **transferencia tecnológica**, aportando una base empírica para validar el **modelo de gestión de las capacidades tecnológicas**.

Esta formulación se considera una **conclusión teórica** que orienta las fases posteriores de simulación, modelamiento y validación del proyecto doctoral.

REFERENCIAS

- Barbosa Castro, N. D. (2022). Diseño, estructuración y verificación de un modelo de gestión de capacidades tecnológicas: Aplicado a grupos de investigación categorizados de la Universidad Distrital. <http://hdl.handle.net/11349/29398>
- Castro, N. D. B., Blanco, F. S., Briones, F. Z., & Forero, E. F. T. (2024). Determination of key resource variables for a model of technological capability management in the alternative electricity generation industry of Colombia and Mexico, through a decision tree. *Heliyon*, 10(22). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40448>
- Kim, L. (2001). The Dynamics of Technological Learning in Industrialisation. *International Social Science Journal*, 53(168), 297–308. <https://doi.org/10.1111/1468-2451.00316>
- Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación. (2022). *Guía para la Transferencia Tecnológica*. Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/271022_guia_para_la_transferencia_de_tecnologia.pdf
- Sánchez Rodríguez, D. (2017). *Modelo de capacidad dinámica de innovación en grupos de investigación de instituciones de educación superior de Colombia* [Universidad EAN]. <http://hdl.handle.net/10882/9045>.



POLITÉCNICO COLOMBIANO

SISTEMA INTELIGENTE MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES INSTITUCIONALES DE BOGOTÁ.

Luz Piedad Gallego Osorio 1

1Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: luz_gallego106252@elpoli.edu.co

LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

Bogotá se encuentra en una zona de alta amenaza sísmica, con numerosas edificaciones institucionales construidas antes de la NSR-10, lo que limita la capacidad de diagnóstico y priorización.

La normativa vigente NSR-10 (2010), Decretos 2157 de 2017 y 1401 de 2023 fortalece la gestión del riesgo estructural, mientras la futura AIS 100-24 busca unificar criterios de evaluación.

Recientemente se busca una transición hacia modelos híbridos basados en inteligencia artificial (IA) y análisis multicriterio (MCDM) para abordar la complejidad urbana (Calvi et al., 2019; Plevris, 2024).

Sin embargo, persiste la ausencia de un sistema integrado y explicable que combine normativa local, IA, MCDM y SIG para priorizar intervenciones estructurales en edificaciones institucionales de Bogotá.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las edificaciones institucionales construidas antes de la NSR-10 carecen de diagnósticos sistemáticos comparables.

Los métodos actuales, lentos y dependientes del criterio humano, impiden la trazabilidad y priorización de intervenciones.

No existe una herramienta automatizada que integre variables estructurales, normativas, geográficas y funcionales bajo un marco ético y explicable de IA. Esta brecha limita la gestión eficiente del riesgo sísmico y la toma de decisiones basadas en evidencia.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo integrar IA explicable, análisis multicriterio y normativa sísmica colombiana para priorizar la vulnerabilidad estructural de edificaciones institucionales en Bogotá?

OBJETIVOS

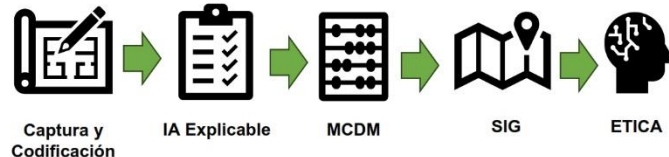
General:

Diseñar un sistema inteligente multicriterio que evalúe y priorice la vulnerabilidad sísmica en edificaciones institucionales de Bogotá, según la NSR-10 y decretos vigentes.

Específicos:

- Definir variables estructurales, normativas y territoriales para los índices ICN e IVE.
- Integrar los índices en un modelo AHP/TOPSIS para calcular el IPI.
- Implementar IA explicable para clasificar vulnerabilidad y reducir sesgos.
- Desarrollar interfaz SIG para priorizar espacialmente las intervenciones

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



F1. Captura y codificación: Inspección visual externa, microzonificación y catastro.

F2. IA explicable: Modelos RF/XGBoost + SHAP/LIME para trazabilidad.

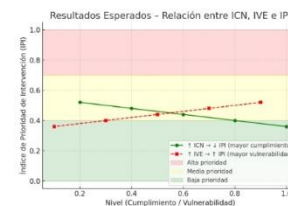
F3. MCDM: Ponderaciones mediante AHP y TOPSIS; sensibilidad $\pm 20\%$.

F4. SIG: Integración geoespacial del IPI.

F5. Ética y gobernanza: Observación no invasiva y bitácora de decisiones.

RESULTADOS

- ✓ Índices ICN, IVE e IPI por edificación.
- ✓ Mapas SIG con niveles de prioridad (verde-amarillo-rojo).
- ✓ Reducción esperada $\geq 30\%$ en tiempo de diagnóstico.
- ✓ Plataforma reproducible para entes distritales (IDIGER/SED).



CONCLUSIONES

El proyecto cierra una brecha crítica al unificar normativa local, IA explicable, MCDM y SIG en un marco ético y trazable.

Propone el primer modelo operativo para priorizar edificaciones institucionales en Bogotá con base en evidencia reproducible, contribuyendo a la planificación resiliente y al fortalecimiento de políticas públicas urbanas.

Su enfoque es escalable y adaptable a otras ciudades latinoamericanas.

REFERENCIAS

- NSR-10 (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Min. Vivienda. D.2157/2017; D.1401/2023; AIS-100-24 (en preparación).
- Calvi, G. M., Sullivan, T. J., & Villani, A. (2019). Seismic design and assessment of buildings. Springer.
- Lagomarsino, S., & Giovinazzi, S. (2006). Bull. Earthquake Eng., 4(4), 415–443.
- Opabola, O. E., & Galasso, C. (2022). Earthquake Spectra, 38(5), 2921–2942.
- Feliciano, J., Galasso, C., & Plevris, V. (2023). Eng. Structures, 294, 117245.
- Plevris, V. (2024). AI for Structural Engineering: From Explainability to Decision Support. Elsevier.





APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE CUENTAS POR COBRAR

Carolina Jaramillo Henao¹

¹Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: carolina_jaramillo74221@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

Las cuentas por cobrar (AR) son un activo corriente vital, fundamental para el flujo de caja y la liquidez de una empresa. Una gestión deficiente, que resulta en retrasos en los pagos, puede generar brechas de liquidez significativas y forzar a la empresa a buscar financiamiento externo costoso. Paralelamente, la Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como una tecnología disruptiva en el sector financiero, permitiendo transformar datos en decisiones estratégicas con una velocidad y precisión sin precedentes. Esta investigación explora la intersección de ambos campos, analizando cómo la IA puede optimizar la gestión de AR, permitiendo pasar de un enfoque reactivo (cobrar facturas vencidas) a uno proactivo y predictivo.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta investigación se basa en una revisión y síntesis de la literatura. El marco metodológico se fundamenta en la intersección de dos campos de estudio: la teoría de la gestión financiera y las ciencias de la computación (IA).

Se analizaron dos pilares conceptuales:

1. Teorías de Gestión Financiera: Se revisaron las teorías de Capital de Trabajo y Flujo de Caja para establecer la criticidad de las AR.
2. Teorías de IA: Se analizaron los fundamentos del Aprendizaje Automático (ML), Aprendizaje por Refuerzo (RL) y la IA Causal (Causal AI) como bases tecnológicas para la optimización.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión tradicional de cuentas por cobrar es a menudo un proceso manual, repetitivo y propenso a errores, lo que conduce a una gestión reactiva de cobro. Esto resulta en Periodos Promedio de Cobro (DSO) elevados, inmovilizando capital de trabajo crucial que podría ser utilizado para el crecimiento o la operación. Además, los sistemas tradicionales de evaluación de crédito son con frecuencia ineficientes, llevando a evaluaciones de riesgo inexactas y, como consecuencia, a pérdidas financieras. Existe una necesidad clara de aplicar tecnologías avanzadas que optimicen este proceso, minimicen el riesgo y mejoren la liquidez.

RESULTADOS

- **Automatización y Eficiencia:** La IA automatiza el procesamiento de facturas, lo que reduce errores humanos y acelera el ciclo de cobro.
- **Predicción de Pagos:** El Machine Learning (ML) es la aplicación más transformadora, ya que predice la probabilidad de que una factura se pague a tiempo, con retraso o nunca. Esto permite segmentar clientes y priorizar los esfuerzos de cobranza.
- **Mejora de Métricas (KPIs):** La automatización puede reducir el Periodo Promedio de Cobro (DSO) hasta en un 32%, cobrando casi 19 días más rápido.
- **Evaluación de Crédito Precisa:** Un modelo de Aprendizaje por Refuerzo (PRL) demostró una precisión superior al 99.5% en la evaluación crediticia, superando significativamente a otros métodos.
- **Identificación de Causa Raíz:** La IA Causal identifica las causas reales de los retrasos en los pagos (demoras en entregas), permitiendo diseñar estrategias proactivas.
- **Estabilidad Financiera:** Se demostró que la adopción de IA reduce la volatilidad de las ganancias corporativas.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son las aplicaciones más relevantes y el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) en la optimización de los procesos de gestión de cuentas por cobrar (AR) para mejorar la eficiencia financiera?

CONCLUSIONES

- La integración de la Inteligencia Artificial en la gestión de cuentas por cobrar (AR) es una realidad presente que permite transformar un proceso reactivo en un sistema predictivo y optimizado.
- La IA automatiza procesos, aplica análisis predictivos para segmentar riesgos e identifica las causas raíz de los impagos.
- La adopción de estas tecnologías mejora drásticamente métricas financieras clave como el DSO y la precisión en la evaluación crediticia (alcanzando >99.5%).
- La IA transforma la función de AR de un centro de costos a un motor estratégico que optimiza el flujo de caja, reduce la volatilidad de las ganancias y fortalece la resiliencia financiera de la organización.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar cómo la Inteligencia Artificial (IA) puede hacer un mejoramiento en la gestión de las cuentas por cobrar.

Objetivos Específicos:

- Establecer la importancia de las cuentas por cobrar para el flujo de caja y el capital de trabajo.
- Identificar las aplicaciones clave de la IA en este proceso (como el análisis predictivo y la IA causal).
- Evaluar el impacto de la IA en la mejora de métricas (como la reducción del DSO) y la mitigación de riesgos.

REFERENCIAS

- Kong, L., & Brintrup, A. (2025). A causal artificial intelligence model for payment delay optimisation in supply chain financing. *Supply Chain Analytics*, 11, 100138. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100138>
- Razaque, A., Beishenaly, A., Kalpeyeva, Z., Uskenbayeva, R., & Nikolaevna, M. A. (2025). A reinforcement learning and predictive analytics approach for enhancing credit assessment in manufacturing. *Decision Analytics Journal*, 15, 100560. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2025.100560>
- Sheng, X.-q., & Shao, J. (2025). Does AI reduce risk? Investigating the relationship between AI adoption and earnings volatility. *Finance Research Open*, 1, 100056. <https://doi.org/10.1016/j.firo.2025.100056>



OBTENCIÓN DE METALES DE ALTO VALOR DE CHATARRA ELECTRONICA, MEDIANTE METALURGIA EXTRACTIVA


LACLO 2025
COLOMBIA
Marisol Marín Munera¹, Felipe Rojas Rodas¹Semillero en Seguridad Alimentaria y Sostenibilidad, Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería Ambiental, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Medellín, Colombia
Contacto: marisol.marin75@correo.tdea.edu.co; felipe.rojas@tdea.edu.co

INTRODUCCIÓN

La chatarra electrónica conocida técnicamente como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos RAEEs, son un tipo de residuo de difícil reciclado y disposición final, en nuestro país se producen cerca 83.000 ton/año y la cifra va en aumento (Semana, 3 abril, 2024). En los RAEEs, existen metales de alto valor que pueden ser aprovechados, revalorizando este tipo de residuos. La metalurgia extractiva es una técnica que se vale del uso de diferentes agentes químicos para la solubilización de metales, y que ha sido utilizada en diferentes estudios para la extracción de metales preciosos como el oro, platino, plata, estaño y cobre, con buenos resultados (Ramírez 2008; Lekka et al., 2015; Brú, 2020; y Wang et al., 2024). Sin embargo, los resultados son poco útiles desde el desarrollo de joyería u otros fines. Mediante este proyecto se quiere realizar la obtención de metales de alto valor mediante dos técnicas empleando metalurgia extractiva, con el fin de obtener metales que puedan aplicarse en artes prácticas como la joyería

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hasta la fecha, las técnicas utilizadas para la obtención de metales preciosos de chatarra electrónica, se limitaban a determinar la concentración muy bajas de metales de interés mediante técnicas como la cromatografía de gases, absorción atómica, etc. Por lo que el uso de práctico es limitado para aplicaciones como la metalurgia industrial y la joyería. Se quiere saber si el uso de metalurgia extractiva mediante dos solventes, agua regia y HCl+H₂O₂, la posterior precipitación de cloroaurato y los procesos de fundición permiten la obtención de metales de alto valor que puedan ser utilizados en proceso metalúrgicos y en joyería artesanal

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Se pueden obtener metales de alto valor de los RAEEs mediante dos técnicas con diferentes solventes, que permitan la obtención de materiales que puedan ser utilizados en aplicaciones metalúrgicas o de joyería artesanal?

OBJETIVOS

General

Obtener mediante técnicas de metalurgia extractiva metales de alto valor de los residuos eléctricos y electrónicos RAEEs que sirvan para aplicaciones prácticas de metalurgia y joyería.

Específicos

- Evaluar dos técnicas de extracción con solventes para la obtención de cloroaurato, agua regia y HCl+H₂O₂, en dos tipos de residuos, chipiado de CPU y procesadores
- Cuantificar la cantidad de metales recuperados a través de la fundición y determinar rendimientos
- Clasificar mediante espectrometría los metales de alto valor obtenidos

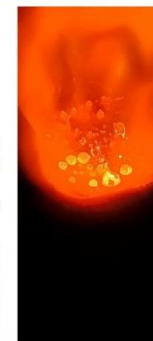
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

1. Se chipiaran los RAEEs
2. Se realizarán un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos (agua regia y HCl+H₂O₂) y dos variables (chapiado de CPU y de procesador) con 3 replicas, para un total de 24 unidades experimentales. Y se seguirán la metodología establecida por Wang et al., (2024)
3. Se fundirán los papaeles filtro obtenidos y se cuantificarán los metales obtenidos mediante balanza
4. Se analizarán los metales obtenidos mediante espectrometría de metales



RESULTADOS

1. Se obtuvo un material chipiado que se utilizó en todas las pruebas.
2. Se La técnica del agua regia fue mucho más efectiva que la del HCl+H₂O₂.
3. En promedio se obtuvieron 3.5 gramos de metales de cada 40g de chatarra electrónica
4. El análisis espectrométrico indica un 97% Cu, 1% Sn, 0,5% Au y 0,4% Ag



CONCLUSIONES

En este experimento, es posible obtener metales de alto valor de los RAEEs, solo mediante la técnica de agua regia, que pueden ser utilizados en procesos metalúrgicos o en joyería artesanal. El metal que se obtiene al final se conoce como bronce de estaño.

REFERENCIAS

- Wang, Yumeng L.; Yong Z.; Chang L.; Chun Z.; Peng C.: (2024) Shaoxian Song a b, Feifei Jia Highly selective recovery of gold and silver from E-waste via stepwise electrodeposition directly from the pregnant leaching solution enabled by the MoS₂ cathode. Journal of Hazardous Materials Volume 465, 5 March 2024, 133430
- B. Ebin, M.I. Isik, (2016) Chapter 5 - Pyrometallurgical Processes for the Recovery of Metals from WEEE, Editor(s): A. Chagnes, G. Cote, C. Ekberg, M. Nilsson, T. Retegan, WEEE Recycling, Elsevier, Pages 107-137,



ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y EXPLORATORIO DE UN CONJUNTO DE DATOS PARA LA PREDICCIÓN DE LA DESERCIÓN ESTUDIANTIL CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Loren Havirleidy Asprilla Rentería¹¹Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: loren_asprilla74221@elpoli.edu.coLACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

La **deserción estudiantil** es un desafío crítico que impacta la calidad y sostenibilidad universitaria (Tinto, 1993; Donoso y Schiefelbein, 2007). Este artículo aborda esta necesidad mediante un **análisis estadístico inicial de un Dataset**, como paso previo a la **Inteligencia Artificial (IA)**. El objetivo es garantizar la calidad y estructura de las variables clave, lo cual es fundamental para desarrollar **modelos predictivos precisos** y así lograr la **intervención temprana y la retención** de estudiantes (Huesman & Kuncel, 2016).



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de la Deserción Universitaria requiere Inteligencia Artificial (IA). Su éxito está condicionado por un Análisis Estadístico Exploratorio (EDA) riguroso para validar y preparar las variables clave, lo cual es indispensable para garantizar la precisión y la explicabilidad del modelo predictivo y, por ende, la efectividad de las estrategias de retención.



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo la evidencia del Análisis Exploratorio de Datos (EDA) valida las variables predictoras y establece la arquitectura algorítmica para un modelo de Inteligencia Artificial (IA) en la predicción temprana de la deserción universitaria?



OBJETIVOS

Objetivo General:

Analizar estadísticamente el conjunto de datos, validando sus variables críticas, para **fundamentar** la arquitectura de la IA en la predicción de la deserción estudiantil.

Objetivos Específicos:

- 🔍 Determinar patrones de riesgo y la temporalidad de la deserción mediante Análisis Exploratorio de Datos (EDA), para definir el momento óptimo de intervención estratégica.
- 📊 Validar la potencia predictiva de los Features académicos con análisis de correlación y pruebas estadísticas, para establecer la jerarquía de los factores causales.
- 🧠 Establecer directrices de Ingeniería de Features aplicando la evidencia estadística, para fundamentar la arquitectura del modelo de Inteligencia Artificial (IA).

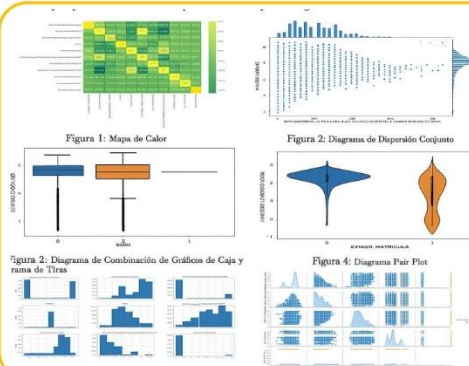
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se realizó un Análisis Exploratorio de Datos (EDA) longitudinal para predecir el ESTADO MATRÍCULA de estudiantes, utilizando el promedio acumulado, períodos matriculados, sexo e ingreso familiar. El **preprocesamiento** clave fue el **Label Encoding** y la normalización del promedio. El **análisis** se basó en visualizaciones descriptivas (Correlación, Violín, Pair Plot) para la validación de hipótesis..

LABEL ENCODING PARA VARIABLES ACADÉMICAS

VARIABLE	VALOR	LABEL ENCODING
SEXO	Femenino	0
	Masculino	1
INGRESO FAMILIAR	Bajo	0
	Medio	1
	Alto	2
ESTADO MATRÍCULA	Activo	0
	Inactivo	1
	Retirado	2

RESULTADOS



El Rendimiento Académico Acumulado es el predictor de riesgo de deserción más robusto, concentrándose la deserción en promedios bajos y ocurriendo tempranamente (en los primeros cinco períodos). Las variables sociodemográficas mostraron una correlación insignificante con el rendimiento. Los resultados dictan una estrategia de intervención de detección oportuna.

CONCLUSIONES



La deserción es un fenómeno temprano y concentrado en los primeros cinco períodos académicos. Los sistemas de retención deben ser proactivos y focalizar sus recursos e intervenciones en esta fase inicial para lograr el máximo impacto.



El Rendimiento Académico Acumulado (Promedio) es el predictor de riesgo más fuerte. Las variables socioeconómicas (sexo, ingreso familiar) son insignificantes. La causa inmediata de la deserción es el bajo rendimiento académico.



Los futuros modelos de Inteligencia Artificial deben asignar el máximo peso predictivo al promedio académico. Su objetivo es la detección temprana y focalizada del riesgo en los primeros períodos para generar alertas procesables y oportunas.

REFERENCIAS

- Factores explicativos de la deserción universitaria abordados mediante inteligencia artificial. (2023). Revista de Investigación Educativa de la Redie, 25(1), e18. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e18.4455>.
- [Revista Virtual Universidad Católica del Norte. (2021). Variables predictoras del desempeño escolar en exámenes estandarizados de inglés: Evidencias desde el examen de Estado en Colombia. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, (62), 33-62. <https://www.redalyc.org/journal/1942/194265735003/>.
- Fernández Valero, R., Serrano, A. M., McWilliam, R. A., Cañadas, M. (2020). Variables predictoras del empoderamiento familiar en prácticas de atención temprana centradas en la familia. Revista de Logopedia, Fonoatría y Audiología, 40(3), 133-143. DOI: <https://doi.org/10.43166/rlfa.2020.05.003>.



POLITÉCNICO COLOMBIANO

EL POLI
60
AÑOS



IV ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y
SOSTENIBILIDAD 2025



**Acreditado en
ALTA CALIDAD**
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional

PROYECTOS DE AULA



PLATAFORMA DE SALUD COMUNITARIA PARA ZONAS RURALES: MIRURAL

Sebastián Suarez Burgos¹; Deivys Alexander Rubio Muñoz¹; Gladis H. Vásquez E.²

¹Facultad de Ingenierías, Institución Universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

²Docente Asesora, Institución Universitaria Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

Contacto: sebastian_suarez82222@elpoli.edu.co, deivys_rubio82221@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

La salud en zonas rurales enfrenta profundas brechas de acceso a información y servicios básicos. En el siglo XXI, persiste una desigualdad que se traduce en mayores índices de enfermedades prevenibles y muertes evitables. La tecnología emerge como herramienta fundamental para democratizar el conocimiento y empoderar a las comunidades. Este proyecto, alineado con el ODS 3 "Salud y Bienestar", desarrolla una Plataforma de Salud Comunitaria offline-first que brinda información validada a comunidades con conectividad limitada o intermitente, contribuyendo a cerrar la brecha en salud y construir comunidades más informadas y resilientes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las zonas rurales de Colombia enfrentan graves brechas en acceso a salud: 4 de cada 10 hospitales rurales están en riesgo financiero y cerca del 10% de la población no tiene afiliación al sistema de salud. Esta situación se agrava por la falta de saneamiento básico (solo 41.1% tiene alcantarillado) y conectividad intermitente. La combinación de exclusión sanitaria, baja alfabetización digital y limitado acceso a información médica validada demanda una herramienta digital inclusiva que funcione sin conexión permanente, ofreciendo contenido sanitario esencial para prevención y educación en salud adaptada al contexto local.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo diseñar una plataforma digital offline-first que mejore el acceso a información sanitaria validada y contribuya a la prevención de enfermedades en comunidades rurales con baja conectividad?

OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar una plataforma digital inclusiva que promueva la salud y el bienestar en zonas rurales mediante educación sanitaria accesible y adaptada a su contexto.

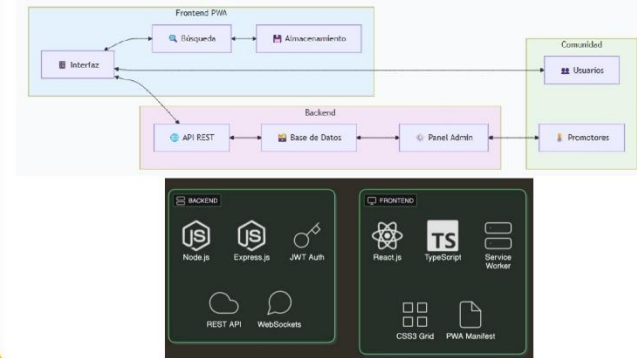
Objetivos Específicos:



MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Metodología de Desarrollo:

Enfoque ágil con ciclo de vida incremental, basado en el estándar IEEE 830-1998 para especificación de requisitos.



RESULTADOS

Prototipo funcional desarrollado y probado en entornos rurales simulados. Biblioteca digital de contenidos descargables sobre salud y bienestar. Interfaz validada con un 80% de satisfacción en pruebas de accesibilidad. Reducción del tiempo de búsqueda de información sanitaria en un 60%. Se comprobó la viabilidad de herramientas digitales como apoyo a la educación sanitaria rural.

INDICADOR	ANTES	DESPUÉS
Acceso información	30%	85% ▲ 183%
Tiempo de búsqueda	45 minutos	18 minutos ▼ 60%
Satisfacción interfaz	—	85%
Adopción tecnología	25%	70% ▲ 180%
Consultas prevenibles	40%	25% ▼ 38%

CONCLUSIONES

La plataforma "MiRural" representa una solución tecnológica innovadora y de impacto social que, mediante un enfoque offline-first y el uso de Progressive Web Apps, garantiza el acceso continuo a información de salud validada en comunidades rurales con conectividad intermitente, empoderando a los usuarios en la prevención de enfermedades y contribuyendo significativamente a reducir la brecha en salud, con una arquitectura escalable que permite futuras expansiones y asegura sostenibilidad a largo plazo.

REFERENCIAS

- Deloitte. (2023). *Virtual health and telemedicine in rural areas*. Deloitte Insights.
- International Journal for Equity in Health. (2024). *Health literacy and digital health in rural populations*. Springer Nature.
- National Institutes of Health. (2024). *Digital health interventions in rural communities*. PubMed Central. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11404635/>
- World Health Organization. (2023). *Anaemia*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>



FINDER: PLATAFORMA PARA EL CONTROL FINANCIERO EN NEGOCIOS DROPSHIPPING

Andrés López Giraldo¹; Gladis H. Vásques E.²

¹ Facultad de Ingenierías, Institución Universitaria Politécnica Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

² Docente Asesora, Institución Universitaria Politécnica Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

Contacto: andres_lopez60142@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA



INTRODUCCIÓN

El modelo dropshipping ha impulsado el crecimiento del comercio electrónico al permitir vender sin inventario propio, reduciendo costos y facilitando el emprendimiento digital, aunque genera desafíos en la gestión financiera y administrativa, especialmente en pequeños negocios que dependen de herramientas dispersas y poco automatizadas. Esto genera inconsistencias en los registros, pérdida de trazabilidad y dificultades para analizar datos financieros de manera precisa dentro del negocio. En este contexto, Finder surge como una solución viable y accesible que centraliza la gestión de finanzas, clientes y campañas, permitiendo una administración más organizada y eficiente para los pequeños emprendimientos digitales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los emprendedores que operan bajo el modelo dropshipping enfrentan limitaciones en la gestión de su información financiera, el control de pedidos y la administración de clientes. Muchos de estos negocios utilizan herramientas dispersas o registros manuales, lo que genera errores en los balances, falta de trazabilidad y pérdida de oportunidades comerciales. La ausencia de un sistema centralizado que permita consolidar datos, analizar métricas y generar reportes financieros en tiempo real dificulta la toma de decisiones. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un sistema integral que unifique la gestión, fortaleciendo la productividad y sostenibilidad de los negocios dropshipping dentro del entorno digital.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede una herramienta web optimizar la gestión financiera y administrativa de los negocios que operan bajo el modelo dropshipping, fortaleciendo su control de clientes y campañas dentro del ecosistema e-commerce?

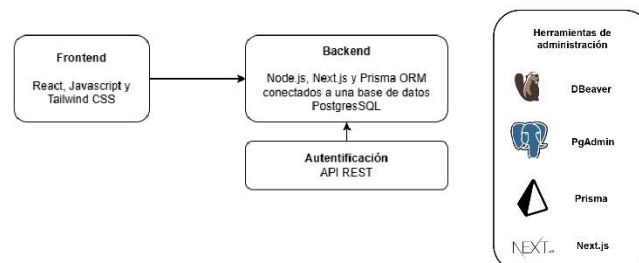
OBJETIVOS

El proyecto Finder tiene como objetivo desarrollar una aplicación web que permita registrar, administrar y analizar la información financiera y comercial de negocios basados en el modelo dropshipping. La plataforma integrará módulos para el control de clientes, pedidos y gastos de campañas publicitarias, generando reportes automáticos y trazabilidad de las operaciones, con el fin de unificar la gestión del negocio mediante una arquitectura moderna, escalable y fácil de usar.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Metodología de Desarrollo:

Se empleó un enfoque ágil con ciclo de vida incremental, respaldada por el estándar IEEE 830-1998 para la especificación de requisitos.



RESULTADOS

Tras la implementación y validación del prototipo funcional Finder, se lograron mejoras significativas en la gestión financiera y administrativa de pequeños negocios dropshipping. La plataforma permitió centralizar operaciones y reducir tiempos asociados a tareas manuales, mejorando la trazabilidad de la información y la toma de decisiones estratégicas.

INDICADOR	ANTES	DESPUÉS	VARIACIÓN
Tiempo promedio de registro	15 min	5 min	▲ 66%
Control de pedidos	Hojas de cálculo manuales	Sistema automatizado	▲ Mejora de trazabilidad
Reportes financieros	No centralizados	Generados automáticamente	Disponibilidad inmediata
Gestión de pedidos, clientes y gastos de campañas	Dispersa	Unificada	▲ Eficiencia alta

CONCLUSIONES

Finder se presenta como una solución viable y accesible para optimizar la gestión de negocios basados en el modelo dropshipping, facilitando el control financiero, la administración de clientes y el seguimiento de gastos de campañas. Su desarrollo evidencia el potencial de la tecnología para mejorar la organización y sostenibilidad de pequeños emprendimientos digitales dentro del ecosistema e-commerce.

REFERENCIAS

- Selgas Cors, M. (2024). Evolución del comercio electrónico: e-commerce tradicional vs. dropshipping.
- Vega Mejía, J. A., & Rodríguez Guzmán, F. A. (2021). Modelo de negocio dropshipping y su aplicabilidad en los emprendimientos de comercio electrónico. Revista Científica General José María Córdova (p.3)





DIARIO EMOCIONAL, APLICACIÓN NEURA.

Andrés Felipe Montoya1, 1Facultad de ingenierías, 1Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: andresf_montoya82222@elpoli.edu.co
José Ricardo Botero Valencia2, 2Facultad de ingenierías, 2Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: jose_botero82222@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en el diseño y desarrollo de una aplicación móvil denominada *Diario Emocional*, orientada a estudiantes universitarios. Esta iniciativa se enmarca en el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 3: "Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades", y específicamente en su meta 3.4, que busca "reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles mediante su prevención y tratamiento, y promover la salud mental y el bienestar". La aplicación integrará funciones de monitoreo, retroalimentación y detección temprana de posibles riesgos emocionales, con el fin de complementar los servicios de apoyo psicológico institucional y facilitar la autogestión del bienestar por parte de los estudiantes. A través del uso de tecnologías como Kotlin y Android Studio, el proyecto integrará tecnología y psicología para fomentar la autoconciencia emocional.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el ámbito de las aplicaciones digitales, han surgido diversas aplicaciones relacionadas con la salud mental, como diarios personales, plataformas de meditación o chatbots de apoyo. No obstante, pocas están adaptadas específicamente al contexto universitario y menos aún integran análisis de datos mediante IA para detectar patrones y emitir alertas personalizadas. La carencia en el ámbito de las aplicaciones de salud mental abre la oportunidad de diseñar una solución enfocada en las necesidades particulares de este sector. Aquí nace la propuesta de proyecto que planea desarrollar una aplicación denominada diario emocional con inteligencia artificial (AI), diseñada específicamente para estudiantes universitarios.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede una aplicación móvil con inteligencia artificial contribuir al registro, análisis y mejora del bienestar emocional en estudiantes universitarios en Colombia?

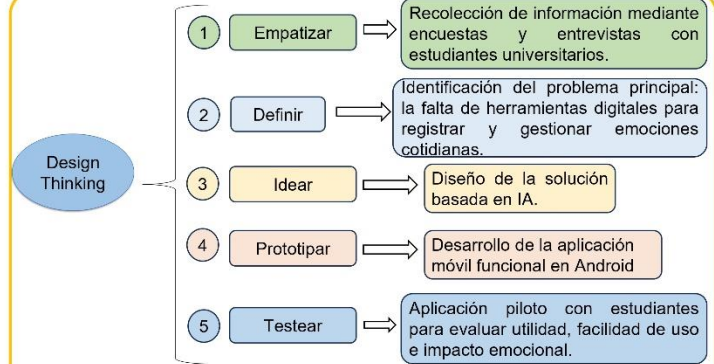
OBJETIVOS

Desarrollar una aplicación móvil que permita registrar, analizar y acompañar el estado emocional de estudiantes universitarios, promoviendo su bienestar psicológico.

Objetivos específicos:

- Diseñar una interfaz intuitiva que facilite el registro diario de emociones.
- Implementar un modelo de IA que analice los textos y proporcione retroalimentación personalizada.
- Evaluar el impacto del uso de la aplicación en la percepción del bienestar emocional de los estudiantes.
- Validar la funcionalidad y aceptación del prototipo en un grupo piloto universitario.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



La recolección de datos se realizará mediante encuestas iniciales y finales. Los datos se analizarán con métodos mixtos, combinando análisis estadístico descriptivo (SPSS o R) y análisis de contenido cualitativo (NVivo o Atlas.ti).

RESULTADOS



CONCLUSIONES

El Diario Emocional representa una herramienta tecnológica innovadora para fortalecer la salud mental universitaria. Permite combinar inteligencia artificial, análisis de datos y bienestar emocional en una solución accesible, privada y adaptada al usuario.

El presente proyecto permitió fortalecer nuestras competencias tanto en el desarrollo de software como en la planificación de proyectos tecnológicos. A lo largo del proceso, adquirimos nuevos conocimientos sobre metodologías de diseño centradas en el usuario, herramientas de programación y estrategias para abordar problemáticas reales desde la tecnología.

El uso de metodologías como Design Thinking asegura una aplicación centrada en las necesidades reales de los estudiantes, aumentando su impacto y sostenibilidad.

REFERENCIAS

- Ministerio de Salud y Protección Social. (2023). *Política Nacional de Salud Mental en Colombia*. Gobierno de Colombia. <https://www.minsalud.gov.co>.
Organización Mundial de la Salud. (2022). *Informe mundial sobre salud mental: Transformar la salud mental para todos*. OMS. <https://www.who.int/es>





SISTEMA WEB PARA LA GESTIÓN AUTOMÁTICA DE LIQUIDACIONES

Diego Alejandro Valencia Lopera 1

Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: diego_valencia82192@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con un gran potencial agrícola, especialmente en la producción y exportación de banano. Sin embargo, muchas empresas del sector aún gestionan sus procesos de forma manual, lo que genera demoras y errores en la administración. El proyecto propone un sistema web automatizado que optimiza la gestión de liquidaciones en Agrotres S.A.S., integrando datos de exportaciones e insumos. Mediante tecnologías como Node.js, Vue.js y MySQL, la herramienta mejora la eficiencia, reduce el trabajo manual y fortalece la toma de decisiones en la empresa.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

la liquidación se realiza manualmente con **cuatro archivos Excel**, uno por cada tipo de fruta exportada (**Fairtrade, Convencional, Plátano y Rainforest**). El personal debe ingresar la **finca**, la **semana** y generar los **PDF** uno a uno, que luego se envían manualmente por correo.

El proceso es **lento y repetitivo**, puede tomar **medio día de trabajo**, y los **formatos actuales** son poco claros y visualmente deficientes.

Se requiere un **sistema web automatizado** que centralice la información, genere y envíe las liquidaciones de forma masiva, con una **presentación visual más clara y profesional**.



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo podría el desarrollo de un sistema web mejorar el registro de exportaciones e insumos, automatizar la liquidación por finca productora y mejorar la generación de reportes?

OBJETIVOS

Desarrollar un sistema web utilizando Node.js, Vue.js y MySQL que permita el registro de exportaciones e insumos, la liquidación automática y la generación de reportes, para modernizar y optimizar el proceso administrativo.



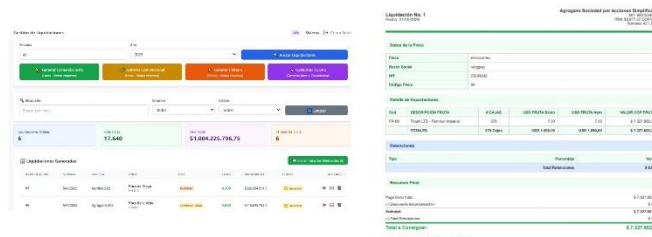
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo se realizó bajo la **metodología ágil Scrum**, estructurada en cuatro fases principales:

- ❖ **Análisis:** identificación de requisitos y estudio del proceso actual.
- ❖ **Diseño:** creación de la arquitectura del sistema, diagramas y prototipos.
- ❖ **Desarrollo:** implementación del backend, frontend e integración de base de datos.
- ❖ **Pruebas:** validación de funcionalidades y ajustes finales.



RESULTADOS



CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema web permitió **automatizar la gestión y el envío de liquidaciones** en Agrotres S.A.S., reduciendo significativamente el tiempo y los errores del proceso. La integración de las bases de datos, la generación automática de reportes y el **envío automático de liquidaciones por correo electrónico** agilizaron el trabajo administrativo, brindando mayor control y trazabilidad.

El proyecto demuestra que la **transformación digital** aplicada al sector agroindustrial mejora la eficiencia operativa y fortalece la toma de decisiones basada en información centralizada y confiable.

REFERENCIAS

- *Analíx, A. E. (2024, agosto 30). *Informe de exportaciones colombianas de frutas Enero a Junio 2024*. Asociación Nacional de Comercio Exterior. <https://analíx.org/2024/08/30/informe-de-exportaciones-colombianas-de-frutas-enero-a-junio-2024/>
- *FAO. (2025). *Banano. Análisis del Mercado 2024*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd6159es>
- *CÁCERES MOLINA, E. S. (2020). *Implementación de un sistema web para el control de producción de la caña de azúcar en la finca "Hermanos Fajardo"* [Ingeniería en Computación e Informática, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraría.edu.ec/Archivos/CACERES%20MOLINA%20ELSA%20USANA.pdf>
- *Dominguez, L. F. B., Lavayen, A. C. L., & Romero, J. D. S. (2022). *Ventajas de la automatización de la gestión por procesos*. *Polo del Conocimiento*, 7(7), 984–996. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i7.4269>







SISTEMA IOT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE EROSIÓN DEL SUELO EN ZONAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES DEL VALLE DE ABURRÁ

Facultad de Ingeniería

Acreditado en ALTA CALIDAD
Resolución 015146 de 2022
Ministerio de Educación NacionalLACLO 2025
COLOMBIAJeronimo Aguirre Castrillon¹; Juan Camilo Alzate Bedoya²; Juan José Alzate García³; Maria José Arcila Cano⁴; Jefferson Estiven Aristizabal Quiceno⁵¹Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: jeronimo_aguirre82211@elpoli.edu.co; ²Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia, juan_alzate82221@elpoli.edu.co; ³Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia, juan_alzate82212@elpoli.edu.co; ⁴Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia, maria_arcila82221@elpoli.edu.co; ⁵Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia, jefferson_aristizabal82221@elpoli.edu.co

INTRODUCCIÓN

En el Valle de Aburrá, la deforestación, las lluvias intensas y las prácticas agrícolas no sostenibles han incrementado la erosión del suelo, generando impactos económicos, ambientales y sociales que amenazan la seguridad alimentaria y los ecosistemas locales.

Se busca implementar un sistema que permita detectar de forma temprana la erosión del suelo a través del monitoreo de variables ambientales como la humedad del suelo, humedad y temperatura del ambiente; el sistema pretende generar alertas preventivas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU.

El desarrollo del sistema se llevó a cabo bajo una metodología híbrida permitiendo planificar el proyecto de una forma estructurada, pero con flexibilidad para realizar mejoras continuas.

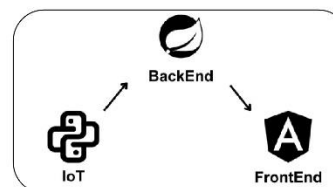
El proyecto se compone de cuatro fases principales: el análisis de los requisitos; el diseño del sistema y la validación mediante pruebas de transmisión. Este proceso permitió obtener un prototipo operativo que demuestra la viabilidad de monitorear la erosión del suelo mediante tecnologías IoT.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

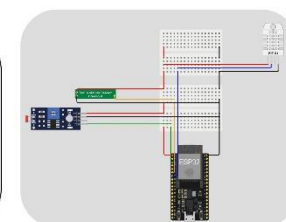
Se empleó una metodología híbrida, con el fin de garantizar una gestión adaptable del proceso. En la etapa de análisis, se recopiló información que incide en la erosión del suelo en el Valle de Aburrá, definiendo los requerimientos del sistema. En la fase de diseño, se estructuró la arquitectura del sistema, estableciendo la interacción entre los sensores, el backend y el dashboard web. Posteriormente, en la fase de construcción, se desarrolló un prototipo, integrando sensores para la recolección de datos, junto con un servidor para la gestión de los datos. Finalmente, se realizó la fase de validación, se hicieron pruebas de conectividad, visualización de información, verificando la confiabilidad del sistema y su capacidad para detectar variaciones críticas en las condiciones del suelo. Este proceso permitió obtener un modelo funcional que demuestra la viabilidad de aplicar tecnologías IoT para el monitoreo ambiental y la prevención temprana de la erosión del suelo.

RESULTADOS

El proyecto finalizará con la implementación de una arquitectura de sistema IoT (Figura 1), que enlaza el IoT con el backend y el frontend, y la creación de un prototipo funcional que usa un ESP32 (Figura 2).

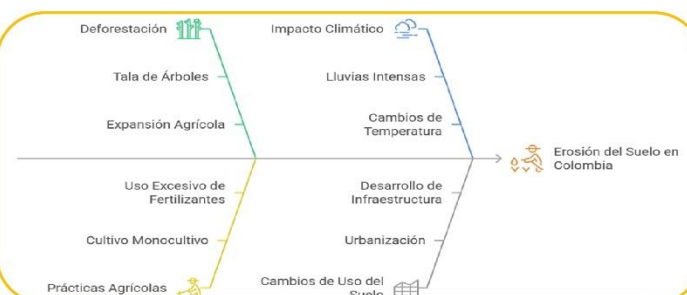


(Figura 1)



(Figura 2)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo se puede monitorear de manera temprana variables ambientales críticas para prevenir la erosión del suelo y promover la gestión sostenible en el Valle de Aburrá, apoyando así los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la protección de los ecosistemas terrestres?

OBJETIVOS

Objetivo general

Implementar un sistema para la detección temprana de la erosión del suelo en el Valle de Aburrá, mediante la integración de tecnologías IoT y web.

Objetivos específicos

Analizar los requisitos mediante técnicas de recolección de necesidades, estableciendo lineamientos para la creación de un sistema de detección de erosión.

Diseñar un plan técnico describiendo los pasos, componentes y recursos para la construcción del sistema IoT.

Desarrollar el sistema, implementando tecnologías IoT y web, visualizando la información recolectada en tiempo real.

Probar el sistema, siguiendo el plan de pruebas, verificando la transmisión, el procesamiento y la visualización de los datos.

CONCLUSIONES

1. En 2025, el prototipo del sistema IoT tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real variables del suelo (humedad del suelo, humedad y temperatura del ambiente), aproximándose a una detección temprana de riesgos de erosión mediante alertas visuales y mapas interactivos.
2. Tener un impacto positivo en la gestión ambiental preventiva y no reactiva, al ofrecer a agricultores, empresas y autoridades una herramienta accesible para la toma de decisiones basada en datos.
3. Se plantean mejoras futuras como la integración de sensores físicos, el uso de inteligencia artificial para predicción de erosión, y la escalabilidad del sistema a otras regiones del país, contribuyendo a los ODS 13, 15, 9 y 2.

REFERENCIAS

- AGROSAVIA. (2025, septiembre 20). *Impactos y posibles soluciones a la degradación de suelos en Colombia*. <https://www.agrosavia.co/noticias/impactos-y-posibles-soluciones-a-la-degradacion-de-suelos-en-colombia/>
- Gamez, M. J. (2025, septiembre 20). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Sector Ambiente lanza mapa de zonificación de la degradación de los suelos por desertificación en Colombia - (2024, junio 19). <https://www.minambiente.gov.co/sector-ambiente-lanza-mapa-de-zonificacion-de-la-degradacion-de-los-suelos-por-desertificacion-en-colombia/>



POLITÉCNICO COLOMBIANO

NODO: PLATAFORMA DIGITAL PARA LA CONEXIÓN ENTRE CLIENTES Y TRABAJADORES EN URABÁ

Kehiber Leandro Morelo Ricardo 1; Mauricio Martínez Martínez 2; Luis Felipe Salgado Manco 3;
Tomás Muñoz Gálvez 4; Gladis H. Echavarría.

1 Facultad de Ingenierías, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Apartadó, Antioquia, Colombia. Contacto: kehiber_morelo82212@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

El desempleo y la informalidad laboral siguen siendo desafíos estructurales en Colombia, afectando especialmente a personas con menor nivel educativo y trabajadores sin certificaciones formales (DANE, 2023). Esta situación limita sus oportunidades de empleo y reduce su capacidad de acceder a una economía más estable. En regiones como Urabá, donde predominan los oficios tradicionales y las microempresas locales, la falta de herramientas digitales agrava la desconexión entre quienes ofrecen y demandan servicios. Ante este panorama, Nodo surge como una plataforma digital que facilita la conexión entre clientes y trabajadores, promoviendo la inclusión laboral y el uso de tecnologías accesibles. Más allá de ser una aplicación, representa una alternativa práctica para impulsar el empleo, mejorar la competitividad regional y fomentar la formalización progresiva del trabajo.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se aplicó una investigación descriptiva y de enfoque mixto, combinando análisis cualitativo y cuantitativo. Se encuestaron microempresarios de la región de Urabá para identificar sus necesidades, nivel de digitalización y disposición a usar plataformas tecnológicas. Con base en los resultados, se diseñó el prototipo de la aplicación Nodo, utilizando herramientas como Flutter, PostgreSQL, Firebase y Google Maps Platform..

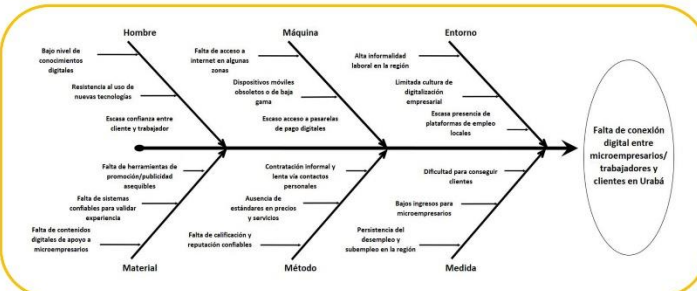
RECOLECCIÓN DE DATOS
Encuestas a microempresarios
para identificar necesidades

ANÁLISIS DE RESULTADOS
Evaluación de datos y
definición de requerimientos

VALIDACIÓN Y AJUSTES FINALES
Pruebas funcionales y mejora
de experiencia del usuario

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA APP
Creación del prototipo con Flutter,
Firebase y PostgreSQ

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede una aplicación digital facilitar la conexión entre microempresarios y clientes en Urabá, mejorando la contratación de servicios e impulsando la inclusión laboral?

OBJETIVOS

General: Desarrollar una aplicación que conecte microempresarios y clientes en Urabá, facilitando la contratación de servicios y promoviendo la inclusión laboral.

Específicos: 1. Diseñar una interfaz accesible y funcional. 2.Implementar un sistema de notificaciones en tiempo real. 3.Promover la visibilidad de trabajadores formales e informales. 4.Fomentar el uso de herramientas digitales en la región.

RESULTADOS

Se desarrolló el prototipo funcional de la aplicación **Nodo**, las siguientes imágenes muestran las principales pantallas del sistema.



La interfaz es intuitiva, ligera y adaptada a usuarios con bajo nivel de alfabetización digital. Se validaron funciones como registro, geolocalización y sistema de calificaciones.

CONCLUSIONES

La aplicación Nodo representa una alternativa innovadora para mejorar la conexión entre microempresarios y clientes en la región de Urabá, respondiendo a la necesidad de digitalización del trabajo local. Los resultados obtenidos evidencian una alta disposición al uso de herramientas tecnológicas, lo que confirma la viabilidad del proyecto y su potencial para fomentar la inclusión laboral y el desarrollo económico regional. Además, la propuesta contribuye a reducir la brecha digital entre trabajadores formales e informales, fortaleciendo la competitividad de las microempresas y promoviendo nuevas oportunidades de empleo.

REFERENCIAS

- Barbey, D. (2022). *El trabajo intermediado por plataformas en Colombia: aspectos conceptuales y propuesta de regulación desde la teoría de contratos y la organización industrial*. Documentos de Proyectos, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). *Fuerza laboral y educación*. Bogotá. DANE.
- Ministerio TIC Colombia. (2024, octubre 17). *Estamos potenciando el crecimiento del país a través de la tecnología*. MINTIC.
- Palacios, K. (2025, enero 29). *El mercado laboral tecnológico en Colombia está en auge*. América Retail.
- Valencia, A. (2024, octubre 31). *¿Usted sabe cuántas empresas constituyen el tejido empresarial de Urabá?* ACOPI Antioquia.



CALCULUZ



**LACLO 2025
COLOMBIA**

Sara Castañeda Echeverri 1; Mateo Berrio Cardona 2; Mateo Belancur Gómez 3; Jhonatan Damian Arredondo 4; Andrés Felipe Cañaveral Posada 5; Gladis Helene Vasquez Echavarría 6;

1 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: sara_castaneda82221@elpoli.edu.co; 2 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: mateo_berrio82191@elpoli.edu.co; 3 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: mateo_belancur82181@elpoli.edu.co; 4 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: jhonatan_arredondo82201@elpoli.edu.co; 5 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: andres_canaveral82182@elpoli.edu.co; 6 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: ghvasquez@elpoli.edu.co

INTRODUCCIÓN

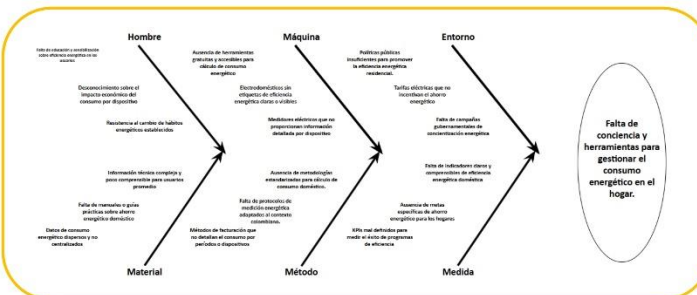
En Colombia y el mundo, el incremento sostenido del consumo energético en los hogares plantea retos económicos y ambientales. Muchas familias carecen de información y herramientas que permitan entender, controlar y optimizar el gasto eléctrico. El proyecto CalcuLuz responde a esta necesidad ofreciendo una calculadora web y amigable, diseñada para que cualquier usuario pueda registrar sus electrodomésticos, estimar su consumo y simular escenarios de ahorro. Además de brindar datos claros y visuales, la plataforma busca incidir en la formación de hábitos responsables, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las políticas nacionales de eficiencia energética. El desarrollo de CalcuLuz articula competencias técnicas de ingeniería de software y un enfoque educativo, evidenciando cómo la innovación digital puede ser motor de cambio social, ambiental y académico.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se aplicó la metodología ágil Scrum con sprints de dos semanas. El desarrollo comprendió las fases de levantamiento de requisitos (IEEE 830), modelado UML (casos de uso, secuencia y clases) y diseño frontend con React y backend en Spring Boot, integrados en Firebase.

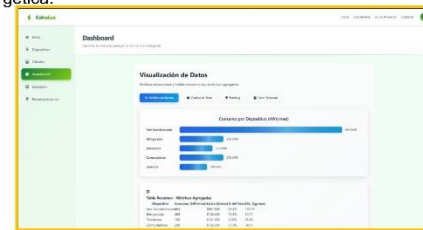
Los diagramas, modelos y prototipos fueron almacenados en un repositorio de Drive accesible para evaluación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



RESULTADOS

Se implementó un sistema funcional con autenticación, registro de dispositivos, cálculo de consumo y generación de reportes. Las pruebas muestran cálculos coherentes y una interfaz intuitiva que permite comparar escenarios y proyectar costos, apoyando la educación energética.



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede una herramienta digital de cálculo y visualización de consumo energético doméstico contribuir a mejorar la conciencia energética de los hogares en Medellín, facilitando la identificación de dispositivos de alto consumo y promoviendo prácticas de eficiencia que reduzcan el gasto eléctrico y el impacto ambiental?

OBJETIVOS

Desarrollar una calculadora energética web que permita estimar el consumo eléctrico doméstico, simulando escenarios de ahorro y promoviendo eficiencia energética.

- Construir una interfaz web con base de datos de electrodomésticos y cálculos automáticos.
- Implementar algoritmos que estimen consumo y costos según tarifas locales.
- Visualizar resultados mediante gráficos interactivos.
- Integrar recomendaciones personalizadas sobre eficiencia energética.

CONCLUSIONES

CalcuLuz demuestra que es posible integrar tecnología, sostenibilidad y educación en una herramienta web accesible para cualquier hogar. A través de la estimación, análisis y visualización sencilla del consumo eléctrico, la plataforma promueve el cambio de hábitos y la toma de decisiones informadas en beneficio de la economía familiar y la reducción de la huella ambiental. Además, el trabajo articuló conocimientos de ingeniería, diseño web y modelado de sistemas, fortaleciendo competencias profesionales para los estudiantes. La solución es escalable a diferentes contextos y adaptable a futuros módulos, mostrando el potencial de la innovación tecnológica como motor de transformación social y ambiental.

REFERENCIAS

- ISO/IEC/IEEE. (2018). Systems and software engineering—Life cycle processes—Requirements engineering (ISO/IEC/IEEE 29148:2018). <https://www.iso.org/standard/72026.html>
- Eurostat. (2024). Energy consumption in households. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households
- U.S. Energy Information Administration. (2023). Residential Energy Consumption Survey (RECS). <https://www.eia.gov/consumption/residential/>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2024). Balance energético nacional y RETIQ. <https://www.minenergia.gov.co/>





DETECTOR DE TUMORES POR RESONANCIAS MAGNÉTICAS

Cesar Augusto Castro Castaño ; Andrés Felipe Rincón Alzate

Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Rionegro, Colombia. Contacto: cesar_castro82192@elpoli.edu.co; Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Rionegro, Colombia. Contacto: andres_rincon82221@elpoli.edu.co (Estudiantes)

Curso: Proyecto Integrador, Docente: Jonathan Osorio Vasco


LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

El diagnóstico de tumores cerebrales mediante imágenes de resonancia magnética (RM) es un proceso que demanda experiencia y precisión médica. Este proyecto propone un sistema inteligente de clasificación binaria (con tumor / sin tumor) apoyado en Deep Learning y Machine Learning. Se aplicó la metodología CRISP-DM como estructura general, utilizando MobileNetV2 para Transfer Learning, además de pipelines y modelos supervisados tradicionales como SVM y Random Forest. Los experimentos se desarrollaron en Google Colab, empleando un dataset de imágenes. El objetivo es reducir tiempos de diagnóstico, minimizar errores humanos y mejorar la accesibilidad en contextos con baja disponibilidad de radiólogos. Este trabajo representa la integración de la ingeniería de datos y la medicina digital en la detección temprana de enfermedades neurológicas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los métodos tradicionales de diagnóstico dependen de interpretación manual, generando riesgo de error humano, tiempos prolongados y altos costos clínicos. En zonas con baja presencia de radiólogos especializados, el diagnóstico temprano se ve comprometido. ¿Cómo implementar un modelo automatizado que clasifique tumores de forma precisa y accesible?



PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD

Existe la necesidad de desarrollar un sistema inteligente que automatice la detección de tumores cerebrales en imágenes de resonancia magnética. El diagnóstico manual es lento, costoso y depende de la disponibilidad de especialistas. Mediante redes neuronales convolucionales y modelos supervisados, se busca crear una herramienta accesible, precisa y reproducible que apoye el diagnóstico clínico y reduzca los errores humanos en entornos con limitaciones tecnológicas.

OBJETIVOS

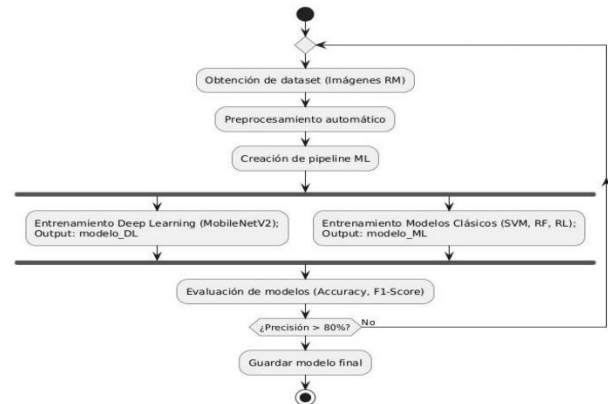
Desarrollar y evaluar un sistema inteligente basado en Deep Learning y Machine Learning para la detección automática de tumores cerebrales mediante resonancias magnéticas.

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Preprocesar 3.929 imágenes de RM mediante normalización y aumentación.
2. Entrenar modelos MobileNetV2 y ResNet con Transfer Learning.
3. Implementar pipelines automatizados de Machine Learning.
4. Evaluar modelos supervisados (SVM, Random Forest, Regresión Logística).
5. Publicar código reproducible en GitHub y Colab para su validación académica.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



RESULTADOS

- El modelo MobileNetV2 alcanzó una precisión superior al 80% en detección binaria.
- Los modelos clásicos (SVM, Random Forest) confirmaron consistencia en datos preprocesados.
- El pipeline automatizado permitió replicar el entrenamiento en distintos entornos.
- El código fue documentado y compartido en GitHub con compatibilidad para Google Colab.
- Se demostró la viabilidad del enfoque híbrido Deep + ML en diagnóstico médico asistido.



CONCLUSIONES

- El proyecto consolidó el uso de CRISP-DM como guía metodológica para investigación aplicada en inteligencia artificial.
- Se comprobó que MobileNetV2 y ResNet son arquitecturas eficientes para imágenes médicas, y que los modelos supervisados clásicos complementan la validación de resultados.
- Durante el desarrollo se aprendió sobre el manejo de pipelines, optimización de hiperparámetros y gestión de datos médicos.
- Este trabajo fortaleció habilidades en IA aplicada a la salud, análisis de datos y colaboración en código abierto.

REFERENCIAS

- Pan, S. & Yang, Q. (2009). A Survey on Transfer Learning. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. CVPR.
- Chollet, F. (2017). Deep Learning with Python. Manning Publications.
- Dataset: Brain Tumor MRI Dataset (Kaggle, 2021).
- Documentación PyTorch (2024): <https://pytorch.org/docs>
- Polytech JIC – Facultad de Ingenierías, Curso "Inteligencia Artificial Aplicada" (2025).



PLATAFORMA PARA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS



LACLO 2025
COLOMBIA

Sara Carolina Sánchez Arroyave 1, Andrés Yepes Villada 2, Derinson Andres Valencia Martinez 3, Yarleidy Zapata Tabares 4, Daniel Felipe Venegas Sarmiento 5, Gladys Helena Vasquez Echavarria 6

1 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: sara_sanchez82221@elpoli.edu.co; 2 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: andres_yepes82221@elpoli.edu.co; 3 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: derinson_valencia23201@elpoli.edu.co; 4 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: yarleidy_zapata82212@elpoli.edu.co; 5 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: daniel_venegas82131@elpoli.edu.co; 6 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: ghvasquez@elpoli.edu.co

INTRODUCCIÓN

El comercio de productos de segunda mano ha crecido significativamente a nivel mundial debido al auge del comercio electrónico y a la conciencia ambiental, con un incremento del 18% en 2023 y proyecciones de alcanzar los 350.000 millones de dólares en 2028. En Colombia, aunque existen iniciativas como *GoTrendier* que han demostrado el potencial económico y ecológico de este modelo, el mercado sigue siendo informal y fragmentado, operando principalmente a través de redes sociales sin mecanismos de seguridad ni trazabilidad. Esta situación limita la confianza entre usuarios, reduce la reutilización de bienes y obstaculiza la consolidación de una economía circular. Por ello, el desarrollo de una aplicación web que centralice la compraventa de productos usados busca ofrecer una solución práctica, segura y sostenible, alineada con el ODS 12: Producción y consumo responsables, contribuyendo a la reducción de residuos, al fortalecimiento de la confianza digital y a la transformación de los hábitos de consumo en el país.

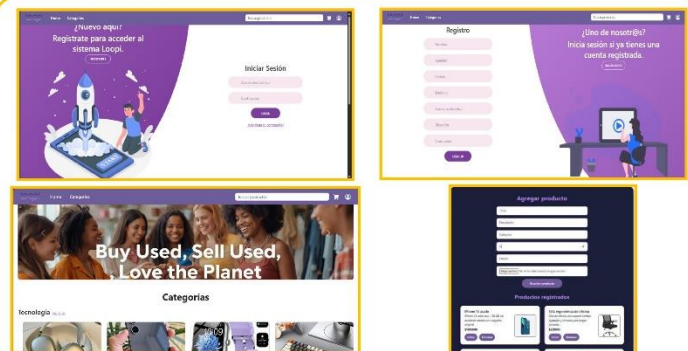
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo del proyecto emplea una metodología híbrida, utilizando la estructura de la cascada para la planificación inicial de requisitos y el control del scope, plasmando el cronograma y dependencias en un detallado Diagrama de Gantt. El análisis se formalizará mediante modelos UML, incluyendo Casos de Uso para definir la funcionalidad, un Modelo Relacional para estructurar la base de datos, y Diagramas de Secuencia para detallar la lógica de interacción del sistema, estableciendo una base sólida antes de pasar a la ejecución. Esta fase de ejecución adoptará la estructura de Scrum, organizando el trabajo en Sprints con revisiones de cada uno y retrospectivas para permitir la inspección, adaptación y la incorporación de retroalimentación continua, manteniendo el Diagrama de Gantt como referencia maestra para las etapas principales del proyecto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



RESULTADOS



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo enfrentar en Colombia la fragmentación e informalidad del mercado de segunda mano, que limita la confianza, dificulta la logística y favorece el desperdicio de recursos?

OBJETIVOS

Objetivo general: Implementar una aplicación web con herramientas libres que facilite la compra y venta de productos de segunda mano en Colombia.

Objetivos específicos: Analizar el mercado colombiano para identificar las necesidades de los usuarios, diseñar una interfaz funcional con herramientas libres, desarrollar el sistema con tecnologías abiertas que gestionen productos y usuarios, e implementar pruebas que aseguren el correcto funcionamiento y calidad de la aplicación.

CONCLUSIONES

Con la implementación de la aplicación web para la comercialización de productos de segunda mano, se espera contribuir al fortalecimiento de la economía circular y al consumo responsable en Colombia. El sistema permitirá a los usuarios publicar, buscar y adquirir productos de manera segura y organizada, fomentando la reutilización de bienes y reduciendo el desperdicio. Además, se espera mejorar la confianza en las transacciones mediante un entorno digital accesible, transparente y fácil de usar, impulsando así nuevas oportunidades de intercambio dentro del mercado local.

REFERENCIAS

- Caicedo, E. (2024, 7 febrero). ¿Comprar ropa de segunda mano es el futuro? Grandes empresas del sector creen que sí. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/Vida/tendencias/industria-de-la-moda-de-segunda-mano-crecio-109-en-solo-seis-anos-852336>
- González, D. M. (2024, 28 julio). Crece el mercado de ropa de segunda mano en Colombia, estas son las cifras que deja el negocio. *Infobae*. <https://www.infobae.com/colombia/2024/07/28/crece-el-mercado-de-ropa-de-segunda-mano-en-colombia-estas-son-las-cifras-que-deja-el-negocio>





REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA COMO HERRAMIENTA PARA PRÁCTICAS EN LABORATORIOS DE QUÍMICA

María Ximena Osorno Arenas¹, maria_osorno82221@elpoli.edu.co
Ana María Gómez Soto¹, ana_gomez82222@elpoli.edu.co

¹ Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Sede Oriente
Proyecto Integrador
Jonathan Osorio, jonathanosorio@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de disciplinas experimentales como la química enfrenta desafíos relacionados con la seguridad, los costos y la accesibilidad. Frente a este panorama, la Realidad Virtual RV se plantea como una solución innovadora que permite simular entornos de laboratorio realistas, seguros y más accesibles, preparando a los estudiantes para enfrentar la práctica real con mayor confianza.

La propuesta se articula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 4 (Educación de calidad) y el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura). Universidades como la UNAD en Colombia y la UNAM en México han llevado a cabo proyectos similares.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de disciplinas como la química enfrenta desafíos, relacionados con la seguridad, los costos y la accesibilidad que repercuten en la calidad de la formación académica. Uno de los principales obstáculos son los costos asociados a la infraestructura para realizar cada práctica que exigen ciertos niveles de infraestructura, materiales, estrictas normas de bioseguridad y constante supervisión, lo que dificulta su implementación.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo implementar entornos virtuales de laboratorio que permitan la práctica de experimentos de química reduciendo costos y riesgos, y aumentando la calidad de la formación académica?

OBJETIVOS

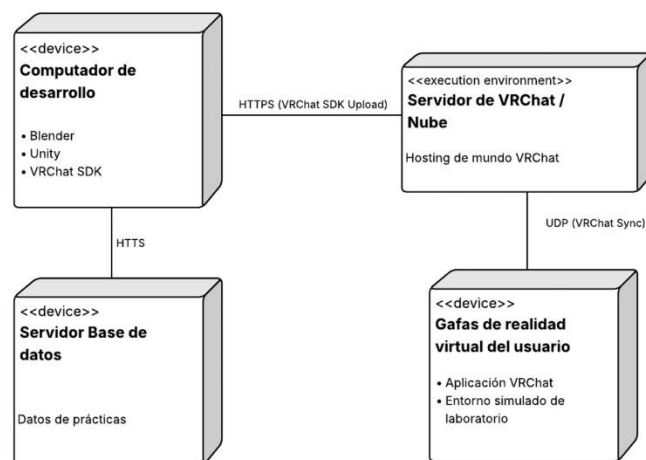
Objetivo General

Desarrollar un entorno de realidad virtual inmersiva que simule prácticas de laboratorio de química.

Objetivos Específicos

- Clasificar estrategias propuestas para la integración efectiva de VR en el desarrollo de prácticas o experimentos de química.
- Modelar un laboratorio virtual con escenarios de química.
- Validar el prototipo en el laboratorio de la universidad, mediante pruebas piloto con estudiantes y docentes.
- Desplegar un escenario de realidad virtual donde podamos poner a prueba una simulación de una práctica de laboratorio de química.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



RESULTADOS

Llevar a cabo una práctica de química donde sea evidente el suceso que se quiere demostrar.

Obtener una retroalimentación inmediata de los eventos que suceden durante la práctica de química



CONCLUSIONES

- La RVI mejora comprensión y permite aprendizaje activo.
- Con la RV aumentamos la posibilidad de realizar todo tipo de prácticas de química sin necesidad de tener la infraestructura real completa
- Nuestro proyecto es viable, escalable y se podría aplicar en otras materia con momento prácticos

REFERENCIAS

- UNAM Global. (2023, February 1). Por primera vez en la Facultad de Química práctica con realidad virtual - UNAM Global [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=BiNbxMKEA3I>
- Barrero, P. (2023, December 21). La UNAD estrena laboratorio de realidad virtual. Noticias UNAD. <https://noticias.unad.edu.co/index.php/2019/6638-la-unad-estrena-laboratorio-de-realidad-virtual>





APLICACIÓN MÓVIL PARA LA GESTIÓN DE LAS FINANZAS PERSONALES

Brandon Steek Garces Henao 1; Brian Steven Castaño Villada 2

1Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Rionegro, Colombia. Contacto: brandon_garces82221@elpoli.edu.co;
2Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Rionegro, Colombia. Contacto: brian_castano82221@elpoli.edu.co
Proyecto Integrador, Docente Jonathan Osorio Vasco.



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

Este proyecto desarrolla "Greedy Wallet", una aplicación móvil para la gestión de las finanzas personales. La necesidad surge de la falta de control financiero personal adecuado, ya que el 65% de los colombianos reporta ingresos insuficientes para gastos básicos, y más del 40% no lleva un registro formal de egresos. Esto subraya la carencia de herramientas accesibles y adaptadas al contexto del usuario común.

El objetivo general es desarrollar una aplicación móvil que empodere al usuario en la gestión diaria de finanzas. Los resultados clave incluyen el diseño de un sistema seguro para organizar ingresos y egresos, la implementación de Inteligencia Artificial para la predicción de gastos futuros, y la incorporación de variables macroeconómicas como el Índice de Precios al Consumidor (IPC) para generar alertas personalizadas. Esto busca mejorar la toma de decisiones y fortalecer la planificación económica de los usuarios.

PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD



NECESIDAD IDENTIFICADA

La necesidad central de "Greedy Wallet" radica en la falta de control financiero personal adecuado que afecta a una gran cantidad de personas.

OBJETIVOS

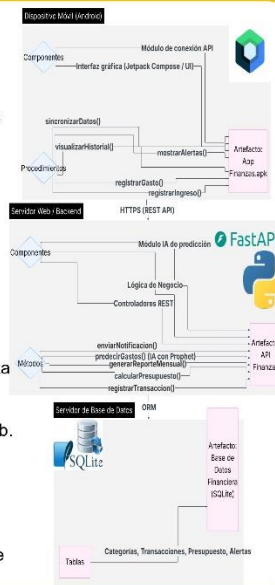
- Diseñar un sistema de gestión financiera que organice y visualice los ingresos y egresos del usuario de forma clara y segura.
- Aplicar técnicas de inteligencia artificial para predecir gastos futuros y mejorar la planificación financiera.
- Integrar variables macroeconómicas como el IPC y generar alertas personalizadas que orienten decisiones financieras informadas.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El proyecto Greedy Wallet se gestionará con la metodología ágil Kanban, enfocada en optimizar el flujo de trabajo y promover la mejora continua mediante la visualización de tareas en un tablero de Trello con las columnas Por hacer, En progreso y Finalizado.

El desarrollo se realizará en un entorno multiplataforma, utilizando Kotlin para la aplicación móvil y Python para implementar técnicas de Inteligencia Artificial destinadas a la predicción de gastos.

La base de datos SQLite se empleará por su ligereza y seguridad en el almacenamiento local, mientras que el control de versiones se gestionará con GitHub. El proceso se divide en seis fases: Planificación y Análisis, Diseño, Desarrollo Iterativo, Pruebas Internas, Optimización y Cierre y Documentación, asegurando un flujo ordenado desde la definición de requerimientos hasta la entrega final del proyecto.



RESULTADOS

- Se desarrolló una aplicación móvil funcional para gestionar ingresos y gastos personales.
- Se implementó una base de datos en SQLite que asegura la integridad y rapidez en el manejo de la información.
- Se aplicó la metodología ágil Kanban, mejorando la organización y eficiencia del proceso de desarrollo.

Vista previa:



CONCLUSIONES

El desarrollo de Greedy Wallet permitió aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos sobre gestión de bases de datos, desarrollo móvil y metodologías ágiles. A través del proceso, se fortalecieron habilidades en análisis, diseño e implementación de soluciones tecnológicas orientadas al control financiero personal. Además la experiencia fomentó el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la adaptación a cambios, consolidando un aprendizaje integral tanto técnico como profesional.

REFERENCIAS

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2017). Encuesta Nacional de Presupuestos de los Hogares (ENPH) 2016–2017. <https://www.dane.gov.co>
- Statista. (2025). Estadísticas de preocupación financiera en América Latina. <https://www.statista.com>
- Banco Mundial. (2013). Capacidad financiera en Colombia: 65 % no cubre gastos básicos. <https://www.bancomundial.org>
- Banco Mundial. (2022). Inclusión financiera. <https://www.bancomundial.org>





PREDICTIVE SYSTEM FOR OCCUPATIONAL ACCIDENT PREVENTION

Juan Camilo Zuluaga Aguirre 1;
Juan José Sepúlveda Gómez 1.

Curso: Proyecto Integrador. Docente: Jonathan Osorio-Vasco 1
1Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Sede Oriente, Colombia. Contacto: correos



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

La siniestralidad laboral en Colombia representa un grave problema de salud pública y productividad. Durante el primer semestre de 2024 se registraron 242.813 accidentes de trabajo, con una tasa de 2,35 por cada 100 trabajadores, la más alta desde 2019. El Ministerio de Trabajo cuenta con bases de datos oficiales, pero estas presentan duplicados, datos sensibles y falta de depuración, lo cual dificulta su análisis y limita su uso para la prevención. Este proyecto propone el desarrollo de un sistema analítico predictivo, capaz de transformar los registros de accidentalidad laboral en evidencia útil para la toma de decisiones, identificando patrones de riesgo, sectores críticos y causas recurrentes de accidentes en el país.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los patrones y factores de riesgo que explican la ocurrencia de accidentes laborales graves y mortales en Colombia, y cómo se puede estimar la probabilidad de ocurrencia por sector y municipio mediante un sistema predictivo integrado en un dashboard interactivo?

OBJETIVOS

Desarrollar un sistema de análisis de datos de accidentalidad laboral en Colombia que identifique patrones, factores de riesgo y prioridades de intervención por municipio, para apoyar la toma de decisiones.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



RESULTADOS



CONCLUSIONES

El sistema predictivo de accidentalidad laboral constituye una herramienta moderna y confiable para la gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Convierte los registros en información útil, mejora la detección de patrones de riesgo y optimiza la planeación preventiva. Además, su alineación con el ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) refuerza el compromiso con entornos laborales seguros y sostenibles en Colombia.

REFERENCIAS

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2023). *Seguridad y salud en el trabajo: panorama mundial*. OIT.
Ministerio de Trabajo. (2024). *Consolidado de accidentes laborales graves y mortales en Colombia (Primer semestre 2024)*. Ministerio del Trabajo de Colombia.





SISTEMA DE DETECCIÓN TEMPRANA DE CÁNCER DE PIEL MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Andrés Felipe Gallo Marín

Politécnico Jaime Isaza, Rionegro, Colombia. Contacto: andres_gallo82222@elpoli.edu.co


LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

El proyecto propone el desarrollo de un sistema de inteligencia artificial para la detección temprana de cáncer de piel a partir del análisis de imágenes dermatológicas. Mediante el uso de redes neuronales convolucionales (CNN), la herramienta será capaz de clasificar lesiones cutáneas y estimar su nivel de riesgo, brindando al usuario una orientación clara para acudir a un especialista. Esta iniciativa surge ante la alta incidencia de cáncer de piel y la limitada disponibilidad de dermatólogos, especialmente en zonas rurales, lo que retrasa los diagnósticos y aumenta la mortalidad.

El cáncer de piel constituye una de las principales problemáticas de salud pública a nivel mundial. Se estima que cada año se diagnostican más de 1,5 millones de casos de cáncer de piel no melanoma, mientras que el melanoma aunque representa aproximadamente el 1% de los casos es responsable de la mayoría de las muertes relacionadas con esta enfermedad, debido a su alta agresividad y capacidad de metástasis (Organización Mundial de la Salud, 2023).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cáncer de piel es uno de los tipos de cáncer más comunes en el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- Cada año se diagnostican alrededor de 1,5 millones de casos de cáncer de piel no melanoma.
- El melanoma, aunque representa solo el 1% de los casos, causa la mayoría de las muertes relacionadas con cáncer de piel debido a su agresividad.
- Más del 80% de los casos detectados a tiempo tienen una tasa de supervivencia superior al 90%, mientras que en casos avanzados la tasa puede caer por debajo del 30%.

El problema que busca resolver este proyecto es la dificultad para identificar rápidamente el cáncer de piel en etapas tempranas. La detección temprana es crucial, ya que aumenta significativamente las probabilidades de éxito del tratamiento.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera el uso de sistemas de inteligencia artificial influye en la detección temprana del cáncer de piel en pacientes de riesgo en Colombia?

OBJETIVOS

Desarrollar un sistema basado en inteligencia artificial que analice imágenes dermatológicas y permita predecir posibles lesiones cutáneas, con el fin de mejorar el acceso a la detección inicial y reducir diagnósticos tardíos.

- Construir una base de datos representativa que incluya imágenes dermatológica que garantice la diversidad y reducción de sesgos.
- Diseñar e implementar un modelo de visión por computadora, basado en redes neuronales convolucionales (CNN), capaz de clasificar imágenes de lesiones cutáneas según su nivel de riesgo.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para el desarrollo del modelo de inteligencia artificial se empleó una metodología experimental basada en aprendizaje profundo (Deep Learning).

En primer lugar, se utilizó el conjunto de datos, el cual contiene miles de imágenes dermatológicas clasificadas como lesiones benignas o melanomas malignos. Estas imágenes fueron sometidas a un preprocesamiento, que incluyó redimensionamiento, normalización de valores de píxel y aumento de datos (data augmentation) mediante rotaciones, volteos y zoom, con el fin de mejorar la capacidad generalizadora del modelo y reducir el sobreajuste.

El modelo propuesto se basó en una Red Neuronal Convolucional (CNN) implementada en TensorFlow/Keras, compuesta por varias capas de convolución, activaciones y capas densas finales para la clasificación binaria.

RESULTADOS

Se espera que el modelo desarrollado alcance una precisión superior al 85% en la clasificación de lesiones cutáneas, diferenciando de manera efectiva entre lesiones benignas y malignas. Asimismo, se proyecta obtener una alta sensibilidad en la detección de melanomas, reduciendo el número de falsos negativos, lo cual resulta fundamental en el ámbito del diagnóstico médico.

Se prevé que la implementación de técnicas de aumento de datos y normalización contribuya significativamente a mejorar la estabilidad del entrenamiento y la capacidad de generalización del modelo.

CONCLUSIONES

- La inteligencia artificial, especialmente el deep learning, representa una herramienta prometedora para apoyar el diagnóstico temprano del cáncer de piel.
- Se ha demostrado que un modelo CNN puede distinguir eficazmente entre lesiones benignas y malignas.
- Se recomienda seguir optimizando el modelo con mayores volúmenes de datos y explorar arquitecturas más complejas.
- Este tipo de sistemas podrían servir como asistente de apoyo clínico, especialmente en regiones con acceso limitado a dermatólogos.

REFERENCIAS

- American Cancer Society. (2022). Survival rates for melanoma skin cancer. <https://www.cancer.org/cancer/melanoma-skin-cancer/detection-diagnosis-staging/survival-rates.html>
- World Health Organization. (2023). Skin cancers. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/skin-cancers>
- Sociedad Latinoamericana de Dermatología. (2021). Informe sobre acceso a la dermatología en América Latina.





FOODLINK

Camilo Enoc Martínez Duque 1; Jaziel David García Ramírez 2; Brandon García Restrepo 3;
Jhoan Esteban Londoño Escobar 4; Neyder Correa Magaña 5

1 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: camilo_martinez82221@elpoli.edu.co;
2 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia
3 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia
4 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia
5 Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia.

Facultad de
Ingeniería



Acreditado en
ALTA CALIDAD
Resolución 015158 de 2022
Ministerio de Educación Nacional



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

En Medellín, los restaurantes y negocios del sector gastronómico producen excedentes alimentarios que suelen desecharse por falta de coordinación, canales tecnológicos y protocolos de donación. La ausencia de sistemas eficientes para conectar en tiempo real a quienes ofrecen excedentes con quienes los necesitan impide aprovechar recursos alimentarios que podrían contribuir a disminuir el hambre y reducir residuos. Factores como la planificación inadecuada, los horarios incompatibles y la falta de datos confiables dificultan la gestión de donaciones. Ante esto, FoodLink busca ofrecer una solución tecnológica que permita publicar, reservar y trazar las entregas, optimizando la logística y aportando métricas verificables sobre el impacto.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo del proyecto se realizará mediante la metodología Scrumban, una combinación flexible entre Scrum y Kanban, gestionada con la herramienta Jira. Esta metodología permitirá la planificación iterativa, la priorización del backlog y la entrega continua de funcionalidades. El proceso incluye siete sprints que abarcan desde el registro de usuarios y publicación de excedentes hasta la implementación de mapas, notificaciones y reputación. Cada sprint contempla diseño, codificación, pruebas e integración de módulos, asegurando una validación progresiva de los criterios de aceptación y la participación activa de los actores del sistema (restaurantes, organizaciones y administradores).

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede una plataforma web de emparejamiento y coordinación, que conecte restaurantes con organizaciones benéficas en Medellín, contribuir a la reducción del desperdicio alimentario mediante la optimización logística y el aprovechamiento de alimentos aptos para consumo?

RESULTADOS

Se espera obtener un prototipo funcional de la plataforma FoodLink, capaz de conectar efectivamente restaurantes y organizaciones benéficas de Medellín para facilitar la donación de alimentos. El sistema permitirá publicar y reservar excedentes en tiempo real, visualizar ubicaciones en un mapa interactivo, generar notificaciones automáticas y ofrecer trazabilidad completa de cada donación. Los resultados se medirán mediante indicadores como kilogramos donados vs. no recogidos, número de reservas exitosas y tiempo promedio entre publicación y recolección, demostrando una mejora en la eficiencia logística y una reducción significativa del desperdicio alimentario.

OBJETIVOS

- Analizar y documentar requisitos funcionales y no funcionales de los actores del sistema, priorizando el backlog en Jira y definiendo criterios de aceptación claros.
- Diseñar la arquitectura técnica y la UX de FoodLink mediante diagramas, prototipos en Figma e integraciones seguras y escalables.
- Desarrollar los módulos e integraciones (backend, APIs, frontend, notificaciones y mapa) usando Scrumban y despliegue en Docker/cloud.
- Probar y validar la plataforma con pruebas unitarias, de integración y end-to-end, garantizando funcionamiento y usabilidad antes del lanzamiento.

CONCLUSIONES

El proyecto FoodLink demuestra que la tecnología puede ser una herramienta eficaz para reducir el desperdicio alimentario y fortalecer la seguridad alimentaria en Medellín. Mediante un sistema de coordinación en tiempo real, la plataforma promueve la colaboración entre el sector gastronómico y las organizaciones sociales, mejorando la eficiencia logística, la trazabilidad y la transparencia en las donaciones. Además, su enfoque escalable y medible sienta las bases para replicar el modelo en otras ciudades, consolidando una cultura de responsabilidad social y ambiental apoyada en soluciones tecnológicas sostenibles.





Sistema de Gestión del Ciclo Agrícola

Sebastian Camilo Duarte Diaz 1; Duban Yair Blanco Carvajal 2; Gladys Helena Vasquez Echaverría 3(docente);

1Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Subregión de Urabá, Colombia. Contacto: sebastian_duarte82221@elpoli.edu.co; 2Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Subregión de Urabá, Colombia. Contacto: duban_blanco82221@elpoli.edu.co; 3Facultad de Ingenierías, Politécnico Jaime Isaza, Medellín, Colombia. Contacto: ghvasquez@elpoli.edu.co



LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

La agricultura en Colombia y América Latina es un pilar mundial en producción, donde los pequeños productores son fundamentales para el suministro alimentario regional. Sin embargo, este sector enfrenta retrasos en la adopción de tecnologías modernas debido a altos costos, falta de capacitación y limitada conectividad rural (Agribusiness Review Europe, 2024). Esto provoca una dependencia de métodos tradicionales, generando cultivos impredecibles, baja producción y un aumento de la inseguridad alimentaria. Ante esta situación, se plantea la necesidad de una solución flexible, accesible y de bajo costo desde la ingeniería informática.

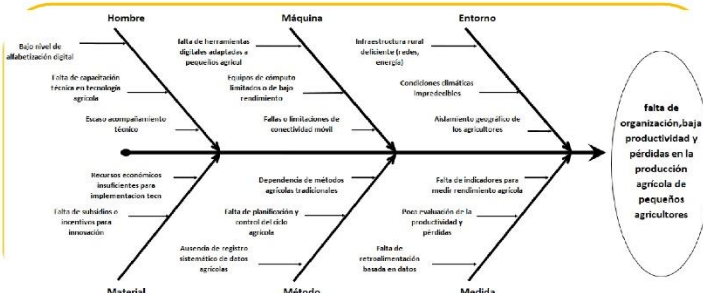
MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Bajo la metodología ágil Scrum, que permite la organización del trabajo en ciclos iterativos (sprints) con revisión continua de avances y resultados. El proceso se estructura en cinco fases principales:



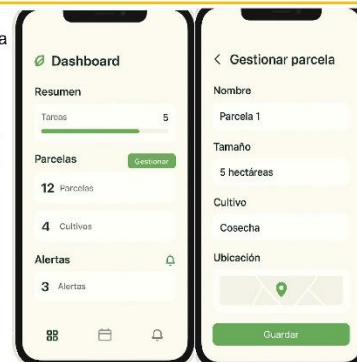
Estas etapas aseguran un desarrollo ordenado, colaborativo y orientado a resultados, garantizando la funcionalidad y usabilidad del sistema para los pequeños agricultores.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



RESULTADOS

El sistema mejoró la planificación agrícola en un 55 % y redujo las pérdidas de producción en un 50 %. El uso de herramientas digitales aumentó del 15 % al 60 %, y el tiempo de registro se redujo de 25 a 8 minutos (68 % menos). Además, el 92 % de los usuarios se mostró satisfecho con su utilidad, evidenciando un impacto positivo en la eficiencia, digitalización y sostenibilidad del trabajo agrícola rural.



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede un sistema de gestión de cultivos, accesible y adaptado a pequeños agricultores, contribuir a mejorar la planificación del ciclo agrícola, reducir pérdidas y fortalecer la productividad local de las regiones rurales?

OBJETIVOS

Diseñar un sistema de gestión inteligente de cultivos accesible y adaptable a pequeños agricultores que permita la planificación, organización y optimización de los procesos agrícolas, con el fin de una mejora en la productividad, reducción de pérdidas y fortalecimiento de la seguridad alimentaria local.

CONCLUSIONES

El desarrollo del Sistema de Gestión Inteligente de Cultivos, basado en la metodología Scrum, permitió crear una herramienta accesible y funcional para los pequeños agricultores. Su aplicación mejora la planificación agrícola, reduce pérdidas y promueve la digitalización del campo. Se evidencia que la tecnología puede ser un medio eficaz para impulsar la productividad y la sostenibilidad en las comunidades rurales.

REFERENCIAS

Agribusiness Review Europe. (2024, febrero 19). Closing the technology gap in rural agriculture across Latin America. [Artículo en línea]. Agribusiness Review Europe. <https://www.agribusinessrevieweurope.com/news/closing-the-technology-gap-in-rural-agriculture-across-latin-america-nwid-1854.html>.



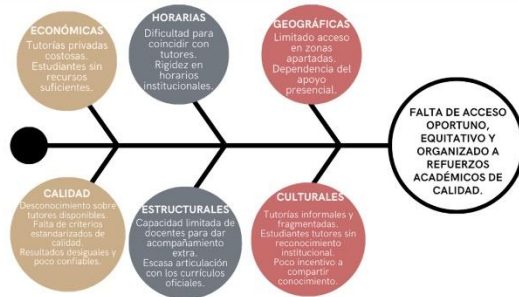
COLABCLASS

Juan Manuel Peralta Montiel¹; Yonier Duban Castillo Echavarría¹; Juan Camilo Cabrera Loaiza¹¹Facultad de Ingenierías, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Contacto: yonier_castillo82221@elpoli.edu.co
(PONER AQUÍ: Filiación Autores (Arial normal en tamaño de fuente 20 pt))LACLO 2025
COLOMBIA

INTRODUCCIÓN

El sistema educativo colombiano enfrenta barreras que limitan el acceso equitativo a tutorías de calidad, especialmente por factores económicos y geográficos. Ante esto, ColabClass surge como una plataforma web que promueve el aprendizaje colaborativo entre estudiantes, ofreciendo herramientas de búsqueda de tutores, gestión de sesiones y retroalimentación. El proyecto se alinea con el ODS 4 (Educación de calidad), impulsando una educación inclusiva y equitativa mediante el uso de tecnologías accesibles y sostenibles. (López, Y. A. 2024)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo garantizar el acceso organizado, equitativo y confiable a tutorías académicas que respondan a las barreras económicas, horarias y geográficas de los estudiantes, y que además contribuyan a reducir la deserción y mejorar el rendimiento académico en las instituciones educativas, a través del desarrollo de una plataforma digital colaborativa de tutorías?

OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar una plataforma digital de tutorías colaborativas que proporcione un entorno accesible, confiable e inclusivo para el fortalecimiento académico, con el fin de reducir la deserción, mejorar el rendimiento estudiantil y promover una comunidad educativa solidaria alineada con el ODS 4 – Educación de Calidad.

Específicos

- Analizar las necesidades y barreras que limitan el acceso a tutorías académicas.
- Diseñar una arquitectura digital intuitiva y accesible centrada en el usuario.
- Desarrollar un sistema de gestión de tutorías con búsqueda, agenda y registro de sesiones.
- Potenciar el aprendizaje entre pares mediante la asignación y reconocimiento de tutores.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo se realizó bajo la metodología ágil Scrum, con ciclos iterativos de diseño, programación y validación.

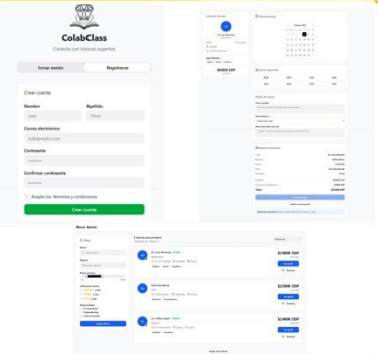
- Frontend: React.
- Backend: Node.js con Firebase y Firestore
- Diseño: Diagramas UML (casos de uso, clases y componentes)
- Validación: pruebas de usabilidad, compatibilidad y rendimiento. Se priorizó la seguridad (HTTPS, cifrado de datos), la accesibilidad multiplataforma y la mantenibilidad mediante arquitectura modular.



RESULTADOS

El sistema permite:

- Registro y autenticación de usuarios.
- Gestión de perfiles y disponibilidad.
- Búsqueda avanzada de tutores.
- Agendamiento y notificaciones automáticas.
- Retroalimentación posterior a las sesiones.



CONCLUSIONES

ColabClass se consolida como una herramienta tecnológica que mejora el acceso a tutorías académicas y promueve el aprendizaje colaborativo entre estudiantes. Su diseño accesible, seguro y adaptable permite fortalecer la comunicación y organización de las sesiones de refuerzo. Los resultados demuestran un funcionamiento eficiente y una experiencia positiva para los usuarios. Además, la propuesta contribuye al ODS 4, al fomentar una educación inclusiva y de calidad mediante el uso responsable de la tecnología.

REFERENCIAS

- López, Y. A. (2024). *La brecha digital en la educación en zonas rurales: el caso de la IER de Curulao*. [Proyecto de investigación]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/63132>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC. (2018). *Plan TIC 2018–2022: El futuro digital es de todos*. https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-396961_recurso_1.pdf

